

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL RODRIGUES DA FRANCA

**EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL: RISCOS E
IMPACTOS EM RONDÔNIA**

CURITIBA
2015

RAFAEL RODRIGUES DA FRANCA

**EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL: RISCOS E
IMPACTOS EM RONDÔNIA**

Tese apresentada como requisito à obtenção
do título de Doutor em Geografia no Programa
de Pós-Graduação em Geografia, Setor de
Ciências da Terra, Universidade Federal do
Paraná, modalidade DINTER UFPR-UNIR.

Orientação: Francisco de Assis Mendonça

CURITIBA
2015

F814e Franca, Rafael Rodrigues da
Eventos pluviiais extremos na Amazônia Meridional : riscos e impactos
em Rondônia / Rafael Rodrigues da Franca. – Curitiba, 2015.
186 f. : il. color. ; 30 cm.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra,
Programa de Pós-graduação em Geografia, 2015.

Orientador: Francisco de Assis Mendonça.

Bibliografia: p. 168-184.

Inclui apêndice.

1. Extremos climáticos - Amazônia. 2. Desastres naturais - Clima. 3.
Mudanças climáticas. 4. Risco. 5. Impacto. I. Universidade Federal do
Paraná. II. Mendonça, Francisco de Assis. III. Título.

CDD: 363.34921



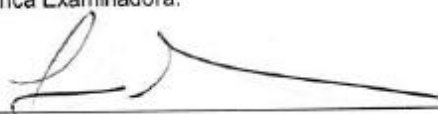
PARECER


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia reuniram-se para a arguição da Tese de Doutorado, apresentada pelo (a) candidato (a) **RAFAEL RODRIGUES DA FRANÇA** intitulada **"EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL: RISCOS E IMPACTOS EM RONDÔNIA"**, para obtenção do grau de Doutor em Geografia, do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná Área de Concentração **Espaço, Sociedade e Ambiente**, Linha de Pesquisa Paisagem e Análise Ambiental.

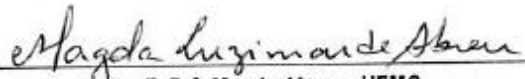
Após haver analisado o referido trabalho e argüido o (a) candidato (a), são de parecer pela ADMJ VASO da Tese.

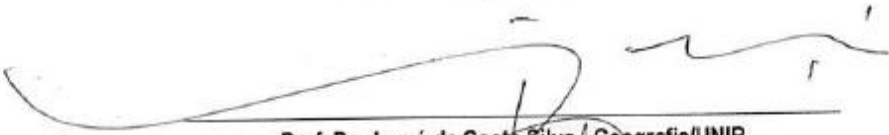
Curitiba, 09 de março de 2015.


Nome e Assinatura da Banca Examinadora:


Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça - orientador


Prof. Dr. Vincent Dubreuil - Univ. de Rennes 2, Bretanha-França


Prof. Dr. Magda Abreu - UFMG


Prof. Dr. Josué da Costa Silva - Geografia/UNIR


Prof. Dr. Wilson Flavio Feltrim Roseghini - Depto Geografia/UFPR

AGRADECIMENTOS

Construir uma Tese não é tarefa fácil. Trata-se de um trabalho eminentemente solitário e altamente reflexivo, no entanto, inúmeras pessoas têm alguma participação nas diversas etapas da pesquisa, razão pela qual não poderia deixar de nomeá-las e registrar meu agradecimento neste espaço.

Em primeiro lugar agradeço a Deus, ao Ser Supremo, por permitir a realização deste trabalho. Por me conceder saúde, proteção, força, fé, perseverança e amparo nos momentos de crise.

Agradeço, em especial, ao professor e orientador Francisco Mendonça por participar ativamente da evolução dessa Tese, oferecer seu conhecimento e por toda sua generosidade, paciência e profissionalismo. A distância geográfica jamais constituiu empecilho a uma orientação de qualidade.

Aos membros da banca de qualificação, Wilson Flávio e Magaly Mendonça, pelas enormes contribuições na leitura do texto; e aos membros da banca de defesa, Vincent Dubreuil e Magda Abreu, por aceitarem prontamente o convite e pelas sugestões primorosas.

Ao professor Josué da Costa, colega de Departamento da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e também membro da banca de defesa, por seus estímulos e encorajamento na realização do Doutorado desde o momento das inscrições para a seleção.

À professora Eloiza Della Justina pela ajuda com referências importantes utilizadas nesse trabalho e aos demais colegas do Departamento de Geografia da UNIR que, de alguma forma, contribuíram para o sucesso dessa etapa de minha formação acadêmica.

Aos colegas de turma Alex Santos pelas dicas de ArcGis, à Mara Centeno pelas caronas, à Xênia Barbosa pela convivência sempre tão respeitável e aos colegas da UFPR, Felipe Vanhoni e Thiago Fogaça, respectivamente, pelas sugestões à pesquisa e pelo apoio “logístico” no dia de realização da defesa.

Aos secretários Zen e Adriana do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná pela disponibilidade e presteza nos momentos mais burocráticos.

Ao Alyson Ribeiro, pela convivência diária, mesmo à distância, e por todo o seu apoio, sugestões, críticas e encorajamento.

À minha família, em especial aos meus pais, com os quais me comunico diariamente mesmo estando a mais de três mil quilômetros de distância e constituem a fonte e razão de minha existência.

Aos amigos, colegas e alunos pela paciência, compreensão e apoio, em especial à turma que cursou Climatologia em 2014 pelo empenho na realização da pesquisa sobre os riscos e impactos associados à cheia do rio Madeira em Rondônia.

Aos órgãos federais Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) por disponibilizar seus dados de forma ampla e gratuita na internet, o que possibilitou grande parte das análises aqui presentes. À Secretaria Municipal de Saúde de Porto Velho, na pessoa de Régia Martins, pela disponibilização de dados sobre doenças. À Defesa Civil, na pessoa de Vera Reis (Acre), por dados sobre a cheia de 2014. Às demais secretarias de Rondônia e Porto Velho pelos inúmeros dados cedidos sobre os efeitos da cheia do rio Madeira.

Finalmente, agradeço ao Governo Federal pelo financiamento do programa de Doutorado Interinstitucional e pela bolsa a mim concedida.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	03
Lista de quadros e tabelas.....	05
Lista de abreviaturas.....	06
Resumo.....	07
Abstract.....	08
INTRODUÇÃO.....	09
PROBLEMÁTICA DA PESQUISA.....	11
QUESTÕES.....	18
HIPÓTESES.....	18
OBJETIVO GERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
METODOLOGIA E TÉCNICAS DA PESQUISA.....	19
1. EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS: RISCOS, IMPACTOS E DESASTRES.....	34
1.1 Eventos climáticos extremos: definições e escalas de análise.....	34
1.2 Índices para definição de eventos climáticos extremos.....	38
1.3 Riscos: perigos, vulnerabilidades e impactos.....	41
1.4 Desastres naturais.....	47
1.4.1 Desastres naturais de origem pluvial.....	52
1.5 Riscos e impactos associados a eventos pluviais extremos na Amazônia.....	56
2. PLUVIOSIDADE: GÊNESE, DINÂMICA, VARIABILIDADE E TENDÊNCIAS.....	63
2.1 Pluviosidade: fatores, tipos de chuva e distribuição na Terra.....	63
2.2 Pluviosidade no Brasil.....	68
2.3 Pluviosidade na Amazônia.....	70
2.4 Teleconexões com as chuvas na Amazônia.....	80
2.5 Eventos pluviais extremos na Amazônia: variabilidade e tendências.....	82
3. EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL.....	90
3.1 Climatologia da precipitação pluvial na Amazônia Meridional.....	90
3.2 Variabilidade interanual e intersazonal da precipitação pluvial.....	94
3.2.1 Variabilidade intersazonal na estação chuvosa.....	97
3.2.2 Variabilidade intersazonal na estação seca.....	99
3.3 Anos-padrão habituais e extremos – secos e chuvosos.....	102
3.4 Dinâmica atmosférica em períodos excepcionalmente chuvosos – Análise Rítmica do episódio de 2013/2014.....	116
3.5 Teleconexões com as chuvas na Amazônia Meridional.....	124
4. ENCHENTES E INUNDAÇÕES EM RONDÔNIA NO ANO DE 2014 – RISCOS E IMPACTOS.....	126
4.1 Saúde e saneamento básico.....	128
4.2 Habitação – áreas de risco à inundação.....	142
4.3 Economia e circulação.....	151
CONCLUSÕES.....	163
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	165
REFERÊNCIAS.....	168
Apêndice A.....	185
Apêndice B.....	186

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Amazônia Legal Brasileira: limites e distribuição espacial do desmatamento, com destaque para o “Arco do Desmatamento”.....	16
Figura 2: Organograma metodológico da pesquisa.....	20
Figura 3: Brasil Equatorial: classificação climática do IBGE.....	23
Figura 4: Região amazônica brasileira: trimestre mais chuvoso do ano (a); e trimestre mais seco do ano (b) - 1961-2009.....	24
Figura 5: Amazônia Meridional: localidades selecionadas na área de estudo desta pesquisa.....	27
Figura 6: Índice de vulnerabilidade à mudança climática – 2014.....	47
Figura 7: Esquema sobre desastres naturais.....	48
Figura 8: Chave esquemática sobre o risco climático.....	52
Figura 9: Enchente, inundação e alagamento.....	53
Figura 10: Rondônia: mesorregiões (IBGE).....	60
Figura 11: Rondônia: hipsometria.....	62
Figura 12: Circulação geral da atmosfera na Terra.....	65
Figura 13: Regime de Monção no sudeste asiático.....	67
Figura 14: Distribuição mundial da precipitação média anual.....	68
Figura 15: Brasil: temperatura média compensada anual (a); precipitação acumulada anual (b) – 1961-1990.....	69
Figura 16: Amazônia Legal: volume médio anual de chuva (1961-1990), com destaque para o “corredor central menos chuvoso” de Nimer.....	71
Figura 17: Evaporação da Floresta Amazônica no extremo oeste do Acre.....	73
Figura 18: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT): posição em janeiro e julho.....	75
Figura 19: Frente fria no Norte do país em 23/07/2013 – carta sinótica (a) e imagem de satélite (b).....	76
Figura 20: Linhas de corrente em 850 hPa – Destaque para o JBN intenso entre o Paraguai e o Mato Grosso do Sul em 05/06/2014.....	77
Figura 21: ZCAS em 05/11/2013 – carta sinótica (a) e imagem de satélite (b).....	78
Figura 22: Influência da TSM do Atlântico Tropical no posicionamento da ZCIT.....	81
Figura 23: Rio Madeira em Porto Velho: médias mensais das cotas altimétricas (em centímetros) - 1967-2013.....	85
Figura 24: Amazônia Meridional: climatologia da pluviosidade – 1981-2011.....	90
Figura 25: Amazônia Meridional: climatologia da pluviosidade – isoietas médias anuais – 1981-2011.....	91
Figura 26: Amazônia Meridional: climatologia da pluviosidade – isoietas médias do TMC – 1981-2011.....	92
Figura 27: Amazônia Meridional: climatologia da pluviosidade – isoietas médias do TMS – 1981-2011.....	93
Figura 28: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da pluviosidade - 1981-2011....	95
Figura 29: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da pluviosidade no TMC - 1981-2011.....	97
Figura 30: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da pluviosidade no TMC – 1981-1995 (a); 1996-2011 (b).....	98
Figura 31: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da pluviosidade no TMS - 1981-2011.....	100
Figura 32: Amazônia Meridional: coeficiente de variação da pluviosidade total anual - 1981-2011.....	104
Figura 33: Amazônia Meridional: percentual de anos normais e extremos - 1981-2011....	106
Figura 34: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos normais (%) - 1981-2011.....	106
Figura 35: Amazônia Meridional: percentual de anos normais - 1981-2011.....	107
Figura 36: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos chuvosos (%) - 1981-2011.....	108
Figura 37: Amazônia Meridional: percentual de anos chuvosos - 1981-2011.....	109
Figura 38: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos secos (%) - 1981-2011.....	110
Figura 39: Amazônia Meridional: percentual de anos secos - 1981-2011.....	111

Figura 40: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos NC (%) - 1981-2011.....	112
Figura 41: Amazônia Meridional: percentual de anos NC - 1981-2011.....	112
Figura 42: Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos NS (%) - 1981-2011.....	113
Figura 43: Amazônia Meridional: percentual de anos NS - 1981-2011.....	113
Figura 44: Percentual da precipitação pluvial normal no norte da América do Sul – janeiro a março de 2014.....	117
Figura 45: Porto Velho: comparação da pluviosidade mensal em 2013/2014 com a Normal Climatológica 1975-1990.....	118
Figura 46: Porto Velho: participação relativa dos sistemas atmosféricos dominantes – dez/13 a ago/2014.....	120
Figura 47: Porto Velho: participação relativa dos sistemas atmosféricos dominantes e precipitação pluvial mensal (2013/2014).....	121
Figura 48: Porto Velho: dados meteorológicos e sistemas atmosféricos atuantes – dezembro/2013 a agosto/2014.....	123
Figura 49: Rio Madeira e seus principais afluentes.....	126
Figura 50: Rondônia: municípios atingidos pelos eventos de 2014.....	127
Figura 51: Porto Velho: saneamento básico - 2010-2012.....	129
Figura 52: Rede de Esgoto na área urbana de Porto Velho.....	130
Figura 53: Rede de Drenagem na área urbana de Porto Velho.....	131
Figura 54: Ausência de asfalto e rede de drenagem em rua da área central de Porto Velho (a); acúmulo de água após chuva (b).....	132
Figura 55: Remanso do Igarapé dos Tanques em Porto Velho e proliferação de macrófitas pela eutrofização das águas.....	132
Figura 56: Notificações de casos de Leptospirose em Porto Velho (2014).....	134
Figura 57: Crianças e animais em contato com a inundação em Porto Velho. Risco de leptospirose.....	134
Figura 58: Notificações e confirmações de Dengue em Porto Velho (2014).....	138
Figura 59: Notificações de Malária em Porto Velho (2014).....	140
Figura 60: Notificações de acidentes por animais peçonhentos em Porto Velho (2014)....	141
Figura 61: Crianças ignoram os riscos à saúde em bairros inundados de Porto Velho (a, b, c); Filhote de jacaré em inundação no centro da capital (d).....	141
Figura 62: Edifícios do Tribunal Regional Eleitoral e da Justiça Federal no centro de Porto Velho (abril de 2014).....	142
Figura 63: Rede hidrográfica na área urbana de Porto Velho.....	143
Figura 64: Áreas de Preservação Permanente (APPs) na cidade de Porto Velho – desmatadas (vermelho) e preservadas (verdes).....	145
Figura 65: Porto Velho: Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental por bairros.....	146
Figura 66: População em áreas de risco às inundações em bairros de Porto Velho.....	147
Figura 67: Barracas do Abrigo Único em Porto Velho.....	148
Figura 68: Município de Porto Velho e distritos.....	149
Figura 69: Escolas nos distritos de São Carlos (a), Calama (b), São José da Praia (c) e Demarkação (d).....	150
Figura 70: Rondônia: rodovias federais.....	152
Figura 71: Balsa para travessia do rio Abuña (a); Ponte recém-inaugurada sobre o rio Madeira em Porto Velho – BR-319 (b).....	153
Figura 72: Rodovia BR-364 sentido Acre, próxima ao distrito de Jaci Paraná, durante e após a inundação de 2014.....	153
Figura 73: Terminal Hidroviário do Cai n'Água submerso durante cheia histórica do rio Madeira em Porto Velho (a); Porto Organizado de Porto Velho à margem direita do rio (b).....	155
Figura 74: Estrutura para produção de farinha de mandioca danificada pela inundação em área rural de Porto Velho (a); plantação de banana atingida pela inundação (b); e refúgio improvisado para ave em árvore (c).....	156
Figura 75: Sede de distribuidora de gás (a); posto de gasolina (b); shopping popular (c, d); e demais estabelecimentos do comércio atingidos pelas inundações em bairros de Porto Velho.....	158
Figura 76: Escassez de alimentos em supermercados de Guajará-Mirim (a) e Rio Branco (b).....	160

Figura 77: Abertura da Estrada Parque em Nova Mamoré (BR-421).....	161
Figura 78: Edifício da antiga estação ferroviária de Guajará-Mirim (a); Locomotivas e galpões da EFMM em Porto Velho (b, c) e solapamento de talude à margem direita do rio Madeira, nas proximidades da EFMM, em Porto Velho após a cheia de 2014 (setembro de 2014).....	161

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Eventos climáticos: síntese de definições.....	35
Quadro 2: Eventos extremos: principais atributos.....	36
Quadro 3: Índices climáticos para definição de eventos extremos.....	39
Quadro 4: Tipologia para riscos.....	44
Quadro 5: Condicionantes para a ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos..	54
Quadro 6: Amazônia: principais riscos associados a eventos pluviais extremos.....	59
Quadro 7: Amazônia Meridional: quadro-síntese para CVA.....	115
Quadro 8: Principais riscos e impactos associados às enchentes e inundações de 2014 em Rondônia.....	162
 Tabela 1: Rio Madeira/Porto Velho - Maiores cheias e vazantes (em metros) – 1967-2014.....	85
Tabela 2: Climatologia da pluviosidade na Amazônia Meridional.....	94
Tabela 3: Variabilidade interanual da pluviosidade na Amazônia Meridional.....	96
Tabela 4: Variabilidade interanual da pluviosidade no TMC na Amazônia Meridional.....	99
Tabela 5: Variabilidade interanual da pluviosidade no TMS na Amazônia Meridional.....	101
Tabela 6: Coeficiente de variação da pluviosidade – 1981-2011.....	102
Tabela 7: Síntese de anos habituais e extremos na Amazônia Meridional.....	114
Tabela 8: Maiores eventos diários de chuva em Porto Velho (dez/13 a ago/14).....	119
Tabela 9: Maiores temperaturas máximas e mínimas em Porto Velho (dez/13 a ago/14).	120
Tabela 10: Maiores e menores pressões atmosféricas (média 24 horas) em Porto Velho (dez/13 a ago/14).....	122
Tabela 11: Resultados dos testes de correlação linear entre a pluviosidade na Amazônia Meridional e índices oceânicos (1981-2011).....	124
Tabela 12: Áreas de Preservação Permanente na área urbana de Porto Velho.....	144
Tabela 13: Número de famílias atingidas pela cheia de 2014 em Porto Velho.....	147
Tabela 14: Número de escolas e alunos atingidos pela cheia de 2014 em Porto Velho....	149
Tabela 15: Número de famílias atingidas pela cheia de 2014 em Rondônia.....	151

LISTA DE ABREVIATURAS

°C – Temperatura em graus Celsius
 AB – Alta da Bolívia
 AGEVISA – Agência Estadual de Vigilância Sanitária
 ANA - Agência Nacional de Águas
 APP – Área de Preservação Permanente
 ASAS – Anticiclone ou Alta Subtropical do Atlântico Sul
 CBMRO – Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Rondônia
 CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
 CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
 CVa - Coeficiente de variação anual da pluviosidade
 DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
 DDA - Doença Diarréica Aguda
 EM-DAT – Emergency Events Database
 ESRL - Earth System Research Laboratory
 EUA – Estados Unidos da América
 FPA – Frente Polar Atlântica
 hPa – hectopascal
 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
 INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
 IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
 JBN – Jato de Baixos Níveis Atmosféricos
 LI – Linhas de Instabilidade
 m - metros
 mEa – Massa Equatorial Atlântica
 mEc – Massa Equatorial Continental
 mEn - Massa Equatorial Norte
 mm – milímetros de chuva
 mPa – Massa Polar Atlântica
 mPp – Massa Polar Pacífica
 mTa – Massa Tropical Atlântica
 mTc – Massa Tropical Continental
 NAO - North Atlantic Oscillation
 NC – Ano normal tendente a chuvoso
 NCEP – National Centers for Environmental Prediction
 NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration
 NS – Ano normal tendente a seco
 OMS – Organização Mundial da Saúde
 ONI - Oceanic Niño Index
 PDO - Pacific Decadal Oscillation
 SO – South Oscillation
 SOI - Southern Oscillation Index
 SREX – Special Report Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation
 SUS – Sistema Único de Saúde
 TMC – Trimestre mais chuvoso do ano
 TMS – Trimestre mais seco do ano
 TNA - Tropical Northern Atlantic Index
 TSA - Tropical Southern Atlantic Index
 TSM - Temperatura da superfície do mar
 UFPR – Universidade Federal do Paraná
 UNIR - Universidade Federal de Rondônia
 WHO – World Health Organization
 WMO – World Meteorological Organization
 ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul
 ZCIT – Zona de Convergência Intertropical
 ZCOU – Zona de Convergência de Umidade

RESUMO

A primeira década do século XXI foi marcada pela ocorrência de eventos climáticos extremos na região amazônica. Duas das piores secas já registradas na região, as de 2005 e 2010, causaram grandes impactos socioambientais e despertaram atenção da comunidade científica internacional. Atividades como agricultura, pecuária, pesca, transportes, energia, biodiversidade e a saúde da população registraram impactos significativos. Por outro lado, os anos de 2009, 2012 e 2014 se destacaram pelo excesso de chuva e cheias recordes de rios do bioma amazônico. Em 2014, a cheia histórica de rios do sudoeste da Amazônia, como o Madeira, Mamoré, Guaporé, entre outros, desabrigou milhares de famílias, interditou rodovias, isolou municípios e agravou o risco da ocorrência de doenças, como leptospirose, diarreias, febre tifóide, entre outras. Em Porto Velho, o nível do rio Madeira chegou à marca histórica de 19,74 metros em 30/03/2014, superando em mais de 2 metros o maior nível então registrado no ano de 1997 (17,50 metros). Na cidade, mais de 12 bairros ficaram submersos e no estado quase 30 mil pessoas ficaram desabrigadas ou desalojadas, conforme a Defesa Civil. Alguns modelos de previsibilidade do clima indicam que tais episódios resultam da intensificação do aquecimento global e que sua frequência aumentará no futuro. Esta pesquisa tem como objetivo geral estudar a ocorrência de eventos pluviais extremos em escala sazonal na Amazônia Meridional e os riscos e os impactos das enchentes e inundações em Rondônia, com enfoque sobre o episódio de 2014. Para tanto foram desenvolvidas duas abordagens paralelas – conjuntas e complementares: a primeira, de natureza puramente climatológica, se dedicou ao estudo do clima da Amazônia Meridional, com ênfase na pluviosidade em sua temporalidade e espacialidade. Nesta abordagem foram utilizados dados pluviométricos de 41 localidades para o período 1981-2011 (31 anos), os quais receberam tratamento estatístico. A outra abordagem se concentrou na análise dos riscos associados a eventos pluviais extremos em Rondônia e dos impactos da cheia histórica do rio Madeira em 2014. Tal abordagem baseou-se em dados oficiais obtidos junto a governos e secretarias municipais e estaduais, além de notícias divulgadas pela imprensa, que permitiram identificar os principais riscos presentes no estado de Rondônia e no município de Porto Velho frente à ocorrência de eventos pluviais extremos. Na região da Amazônia Meridional não foi observada nenhuma tendência estatisticamente significativa no que se refere ao aumento ou redução de eventos pluviais extremos ao longo do período analisado. Sobre a gênese das chuvas na região, as análises permitem concluir que a atuação da Massa Equatorial Continental é decisiva na produção dos elevados volumes pluviais na região e que estes também sofrem influência dos oceanos Atlântico e Pacífico (Tropical). Sobre os impactos associados às enchentes e inundações em Rondônia, as análises identificaram diversas situações de risco, particularmente nos âmbitos da saúde, habitação e economia. Por fim, foram realizadas algumas considerações e sugestões ao poder público, com a finalidade de contribuir para o (re) ordenamento do território, na gestão dos riscos a desastres naturais, adaptação à variabilidade e mudanças climáticas e minimização da exposição e vulnerabilidade social aos episódios extremos.

Palavras-chave: Eventos pluviais extremos, Amazônia Meridional, risco, impactos, desastres naturais

ABSTRACT

The first decade of 21st century was marked by the occurrence of extreme climate events in the Amazon region. Two of the worst droughts ever seen in the region, in 2005 and 2010 years, caused major environmental impacts and aroused attention of the international scientific community. Activities such as agriculture, livestock, fisheries, transport, energy, biodiversity and the health of the population showed significant impacts. On the other hand, the years 2009, 2012 and 2014 stood out by excessive rain and exceptional floods of rivers in the Amazon region. In 2014, the historic floods of rivers of southwestern Amazonia, such as Madeira, Mamore, Guapore, among others, left homeless or displaced thousands of families, interrupted roads, isolated cities and increased the risk of occurrence of diseases such as leptospirosis, diarrhea, typhoid fever, among others. In Porto Velho, the level of the Madeira river reached the historic mark of 19.74 meters on March 30, 2014, exceeding by more than 2 meters the highest level then recorded in 1997 (17.50 meters). In the city, more than 12 neighborhoods were flooded and almost 30.000 people were left homeless or displaced in Rondonia state, according to the Civil Defense. Some climate models indicate that such events result of the intensification of global warming and its frequency will increase in the future. This research aims to study the occurrence of extreme rainfall events in seasonal scale in Southern Amazon and the risks and impacts of floods in Rondonia, focusing on the episode of 2014. Therefore, was developed two parallel approaches - joint and complementary: first, purely climatological, devoted to study the Southern Amazon climate, with emphasis on rainfall in their temporal and spatial variability. In this approach were used rainfall data of 41 locations for the period 1981-2011 (30 years), which received statistical treatment. The other approach focused on the analysis of the risks associated with extreme rainfall events in Rondonia and on impacts of historic flood of the Madeira river in 2014. This approach was based on official data obtained from the municipal and state governments, plus news press reports, which allowed the identification of the main risks in Rondonia and Porto Velho front of the occurrence of extreme rainfall events. In the region of Southern Amazon, there was no statistically significant trend toward an increase or decrease of extreme rainfall events over the period analyzed. On the genesis of rainfall in the region, the analysis allow to conclude that the performance of Equatorial Continental Mass is critical in the production of high rainfall volumes in the region and they also are influenced by the Atlantic and Pacific oceans, in tropical zone. About the impacts associated with floods in Rondonia, the analysis identified several risk situations, particularly in the areas of health, housing and economy. Finally, were made some considerations and suggestions to the government, in order to contribute to planning of space, management of disasters risks, adaptation to climate variability and change and minimizing exposure as the social vulnerability to extreme events.

Keywords: Extreme rainfall events, Southern Amazon, risk, impact, natural disasters

INTRODUÇÃO

A primeira década do século XXI foi marcada pela ocorrência de eventos climáticos extremos na região amazônica. Duas das piores secas já registradas na região, as de 2005 e 2010, causaram grandes impactos socioambientais e despertaram atenção da comunidade científica internacional. Por outro lado, os anos de 2009, 2012 e 2014 se destacaram pelo excesso de chuva e cheias recordes de rios do bioma amazônico.

No ano de 2014, em especial, enchentes e inundações severas atingiram o sudoeste da Amazônia e ganharam notoriedade na imprensa e meio científico. Atividades como agricultura, pecuária, pesca, transportes, energia, a biodiversidade e a saúde da população registraram perdas significativas.

Embora tais eventos façam parte da variabilidade natural do clima, a formação de situações de risco e vulnerabilidade frente à sua ocorrência é responsável por impactos aos sistemas sociais. Desse modo, o evento extremo pode ocasionar um desastre natural, no qual são registrados perdas e danos ao sistema atingido.

Na contemporaneidade, a compreensão sobre riscos climáticos se revestiu de um caráter amplo e complexo, visto que saltou de uma dimensão naturalista para outra mais social (MENDONÇA, 2014). A concepção de risco como construção social entende que sua presença é inerente ao grupo ou indivíduo que o percebe; e que, embora eventos climáticos extremos obedeçam a leis do mundo natural que escapam do controle do homem, a repercussão de seus impactos ocorre de maneira distinta sobre diferentes grupos sociais, pois varia em função de processos sócio-históricos e de ações e/ou omissões de indivíduos e sociedades. Assim, não é ocasional que os mais vulneráveis a desastres sejam, quase sempre, indivíduos pertencentes aos estratos mais pobres da população.

Desse modo, os riscos a desastres naturais deflagrados por eventos climáticos extremos estão associados mais à vulnerabilidade e exposição de determinada sociedade do que às características físicas do evento atmosférico, como sua magnitude ou duração (MARENGO *et al.*, 2011). Mendonça (2014) destaca o papel de particularidades culturais, políticas, econômicas, educacionais, científicas, tecnológicas, entre outras, no estabelecimento das vulnerabilidades dos grupos humanos.

Dados do *The International Disaster Database* (2013) indicam que, somente no Brasil, de 1970 a 2013, o número total de afetados por secas e inundações foi de, respectivamente, 48 e 11 milhões de pessoas. Os piores eventos de seca em número de atingidos foram, nesta ordem, os dos anos de 1983, 1998, 1970 e 1979. Todos ocorreram no Nordeste do país. Já os anos de 1988, 1983, 2008, 1979 e 2009 se destacaram pelo elevado número de afetados por enchentes e inundações. A maioria desses eventos ocorreu em localidades no Sul do Brasil. Nesse grupo inclui-se, ainda, o primeiro ciclone tropical registrado no oceano Atlântico Sul – Catarina – que atingiu mais de 150 mil pessoas na costa dessa região no ano de 2004.¹

O século XX se destacou pela emergência das preocupações ambientais pela sociedade. Esse despertar se iniciou na segunda metade do século e teve como marco a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano em Estocolmo (1972). A crise ambiental decorrente da intervenção sem precedentes do homem sobre a natureza foi o estopim para discussões acerca de novos rumos para a construção do presente e do futuro (MENDONÇA, 2001).

O debate sobre o desafio ambiental contemporâneo também repercutiu na ciência e, de forma especial, na Geografia. Inicialmente, nos anos 1970, alguns geógrafos franceses, como Jean Tricart, evoluíram de uma abordagem estritamente voltada à geografia física para trabalhos mais amplos, voltados à problemática ambiental (ANDRADE, 1987). No Brasil, geógrafos como Aziz Nacib Ab'Saber, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, Francisco Mendonça, entre outros, desenvolveram a abordagem socioambiental na Geografia, preocupada em propor soluções para os problemas derivados da quase sempre conflituosa relação homem-natureza (MENDONÇA, 2001).

Os reflexos de eventos climáticos extremos na organização do espaço geográfico se tornaram preocupação de Carlos Monteiro ainda nos anos de 1960, quando realizou sua tese de doutoramento – *A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil* (1969). Naquela ocasião propôs o célebre método da Análise Rítmica dos Tipos de Tempo, cuja aplicação objetiva obter expressões reais da atmosfera a partir de estudos sobre o ritmo diário do

¹ Por se tratarem apenas de dados reportados por governos e autoridades oficiais nem sempre representam a totalidade de ocorrências.

comportamento de elementos do tempo e clima, evitando assim, os artificialismos das médias estatísticas.

Em sua tese, Monteiro dedicou um capítulo aos reflexos dos estados de tempo extremos sobre as atividades humanas. Destacou os efeitos da seca sazonal intensa sobre o abastecimento de água e energia, prejuízos no setor agrícola em decorrência de incêndios (ondas de calor) e geadas (episódios de frio), deterioração da qualidade do ar pelo acúmulo de névoa seca em áreas urbanas, dentre outros. Segundo o autor, por mais excepcionais que sejam esses eventos não podem ser ignorados, pois são capazes de produzir impactos importantes no espaço geográfico.

Outros trabalhos dessa natureza se sucederam, dos quais destacam-se aqueles desenvolvidos por Casseti (1977), Suetergaray (1981; 1987), Mauro (1989) e Mendonça (1990; 1995), por exemplo.

O foco principal do presente estudo é a ocorrência de eventos pluviais extremos em escala sazonal na Amazônia Meridional e os riscos e impactos socioambientais a eles associados em Rondônia. Por tratar dessa temática, a pesquisa se insere na mencionada perspectiva socioambiental da Geografia, afinal, tais impactos constituem expressão do conflito que emerge da relação homem-natureza e a previsão de aumento na frequência desses episódios torna inadiável a busca por medidas e soluções mitigadoras.

O texto encontra-se composto por este capítulo introdutório, no qual são apresentados problematização, objetivos, hipóteses, justificativa e metodologia da pesquisa; dois capítulos teóricos, o primeiro sobre eventos climáticos extremos em suas mais diversas escalas espaço-temporais e o segundo sobre gênese, dinâmica, variabilidade e tendências das chuvas, com enfoque na Amazônia; além de dois outros capítulos com resultados: o primeiro, no qual serão analisados os eventos pluviais extremos na área de estudo e o outro que se dedicará a análise dos riscos e impactos socioambientais associados a tais eventos em Rondônia.

PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

A região amazônica é uma das áreas mais chuvosas do Planeta. Essa característica resulta da conjugação de fatores como sua favorável posição latitudinal, ao redor da linha do equador, onde incide abundante radiação solar, e,

sobretudo, de aspectos relativos à circulação geral atmosférica e à dinâmica dos sistemas atmosféricos que atuam nessa área do continente sul-americano (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O clima quente e úmido predominante na região é parte importante de uma exuberante biodiversidade que há décadas desperta o interesse de cientistas de todo o mundo. Contudo, por ser relativamente pouco conhecida, inúmeras vezes a paisagem dessa região foi considerada homogênea em sua vasta extensão, acusação esta já bastante contraposta.

No que se refere às chuvas, por exemplo, apesar de sua deficiente rede de estações meteorológicas, sabe-se que a região apresenta significativa variação espacial e temporal na distribuição de seus volumes e regimes pluviais. Os três principais núcleos chuvosos da Amazônia estão localizados: 1) no noroeste do estado do Amazonas, com volumes acima de 3000 mm/ano; 2) na parte central da Amazônia, em torno da latitude 5° sul, onde são registrados volumes superiores aos 2500 mm/ano; e 3) entre o litoral do Amapá e a foz do rio Amazonas no estado do Pará, com pluviosidade acima dos 4000 mm/ano. (MARENGO; NOBRE, 2009).

A distribuição das chuvas na Amazônia guarda estreita relação com a dinâmica da atuação dos principais sistemas atmosféricos em superfície da região, a saber: 1) Massa de Ar Equatorial Continental, com centro de origem no oeste da região; 2) Zona de Convergência Intertropical, formada pela convergência dos ventos alísios; e 3) frentes frias, oriundas de latitudes extratropicais que atingem com mais frequência o sul da região. Ainda em superfície, a região conta com importante aporte de umidade do Oceano Atlântico, por meio do Jato de Baixos Níveis (JBN). Já nos níveis mais altos da troposfera, outros sistemas, como a Alta da Bolívia, atuam conjuntamente com aqueles na produção de chuva sobre a Amazônia². As secas sazonais observadas em parte da região ocorrem sob ausência dos sistemas produtores de chuva. A sazonalidade pluvial constitui característica climática de uma porção significativa da Amazônia, não representando qualquer anormalidade.

No entanto, recentemente, eventos climáticos extremos têm se notabilizado na região. Em 2010, a seca provocou expressiva redução no nível de rios como

² A Alta da Bolívia é um anticiclone em altos níveis (200 hPa), com centro no altiplano boliviano. Esse sistema organiza a intensa convecção equatorial sobre a região amazônica e o centro da América do Sul e contribui para a produção de elevados volumes de chuva na Amazônia durante os meses do verão austral (FISCH *et al*, 1997).

Madeira, Javari, Juruá, Japurá, Acre, Negro, Purus, Iça, Jutai e Solimões. O rio Madeira, por exemplo, com afluentes que nascem na Cordilheira dos Andes, entre a Bolívia e o Peru, apresentou redução tão significativa em seu nível que o transporte de cargas e pessoas entre os estados de Rondônia, Acre e Amazonas, feito exclusivamente por balsas, ficou comprometido. Segundo registros da Delegacia Fluvial de Porto Velho, o rio Madeira atingiu a marca de 2,27 metros em outubro de 2010³. Esse valor é pouco superior ao recorde histórico registrado durante a seca de 2005: 1,63 metros.

Em 2014, a cheia histórica de rios do sudoeste da Amazônia, como o Madeira, Mamoré, Guaporé, entre outros, desabrigou e desalojou milhares de famílias, interditou rodovias, isolou municípios e agravou o risco a ocorrência de doenças, como leptospirose, diarreias, febre tifóide, entre outras. Em Porto Velho, o nível do rio Madeira chegou à marca histórica de 19,74 metros em 30 de março, superando em mais de 2 metros o maior nível então registrado no ano de 1997 (17,50 metros). Na cidade, mais de 12 bairros ficaram submersos e no estado quase 30 mil pessoas ficaram desabrigadas ou desalojadas, segundo dados da Defesa Civil.

Esses eventos extremos, em escala sazonal, tiveram sua gênese relacionada a anomalias térmicas nas águas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico Tropical. Marengo (2006) e Nobre *et al.* (2009) associam a forte seca que assolou o setor centro-norte da Amazônia em 1997-1998 ao fenômeno *El Niño* no Pacífico. Já a seca de 2005, que se concentrou no oeste e sudoeste da região, teve relação com o aquecimento anormal das águas do Oceano Atlântico Norte. A seca de 2010, por sua vez, apresentou maior abrangência e severidade que a de 2005 e teve como causa tanto o aquecimento do Pacífico (*El Niño*) quanto do Atlântico Norte (CAVALCANTI *et al.*, 2013a).

Para o Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) não há evidências de que as secas recentes sejam resultado de mudanças climáticas globais, nem que estejam relacionadas ao desmatamento. O fenômeno registrado em 2005 “*parece ser parte de uma variabilidade natural do clima, onde anos secos e úmidos alternam-se na escala interanual*” (INPE, 2005). Ao contrário de 1998, 2005 e 2010, anos

³ Os rios dessa região da Amazônia, a exemplo do Madeira, normalmente apresentam vazante máxima em setembro. Entre outubro e março as águas sobem e em abril a vazante recomeça.

como 2009, 2012 e 2014 foram marcados por chuvas excepcionais em toda a região amazônica.

Contudo, alguns modelos de previsibilidade do clima indicam que tais episódios são resultados diretos da intensificação do aquecimento global e que sua ocorrência será cada vez mais frequente. Segundo dados do relatório mais recente do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC – AR5, 2013), a temperatura do Planeta aumentou 0,85°C no período 1880-2012 e as crescentes emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs)⁴ pelo homem podem resultar em cenários catastróficos para a Terra.

Com base em simulações de modelos climáticos do IPCC, Mendonça (2006) sintetizou os prováveis efeitos do aquecimento global recente: modificação dos padrões de chuva no Planeta – aumento da precipitação sobre as latitudes médias e altas e diminuição nas baixas latitudes; degelo dos glaciares que cobrem o continente Ártico; alteração nos fluxos das correntes marítimas; elevação do nível médio dos mares; incremento de chuvas torrenciais seguidas por enchentes, deslizamentos, movimentos de massa e erosão do solo; prejuízos na agricultura pela mudança nos regimes térmicos e pluviais; alterações nos sistemas biológicos – ecossistemas terrestres e marinhos; aumento no número de pessoas obrigadas a migrar em busca de terras, alimentos e água potável; disseminação de vetores de doenças como a malária, a dengue, a cólera, a esquistossomose, a leishmaniose e a encefalite japonesa, além da desnutrição, diarreias, desidratação e afogamentos. Para a Amazônia, Soares e Marengo (2013) afirmam que simulações numéricas de médio e longo prazo indicam que o aquecimento do Planeta deixará o clima da Amazônia mais quente e seco que o atual, afetando a biodiversidade e as atividades humanas.

Em Rondônia, os principais riscos a eventos pluviais extremos estão associados à variação do nível dos rios. Durante períodos de chuvas volumosas e excepcionais, as cheias e inundações costumam desabrigar e desalojar populações ribeirinhas. O acesso a serviços básicos como escolas, hospitais e até mesmo a itens indispensáveis como água potável e alimentos fica comprometido. Atividades de subsistência como agricultura e pecuária são prejudicadas pelos alagamentos de extensas porções de terra e a pesca se torna difícil pela dispersão dos peixes nos

⁴ Alguns dos GEEs com maior poder de absorção de energia são o dióxido de carbono, metano, hexafluoreto de enxofre e o óxido nitroso.

grandes volumes de água. Com as cheias, aumenta o risco a epidemias de doenças cujos vetores dependem da água, como cólera, hepatite A, leptospirose, esquistossomose, leishmaniose, entre outras. Animais peçonhentos também encontram ambiente favorável à sua reprodução e disseminação. Nas áreas urbanas, períodos excepcionalmente chuvosos ampliam o risco a desastres decorrentes de alagamentos e deslizamentos em áreas que não deveriam ser ocupadas pelo homem.

Em episódios de seca, a baixa no nível dos rios dificulta o transporte fluvial, isola comunidades e eleva o custo de bens obtidos fora da região (como combustíveis). Além disso, a seca, associada à falta de saneamento básico, compromete o acesso à água potável. Em cidades como Porto Velho, onde o abastecimento de água tratada é precário, secas prolongadas reduzem o nível freático e dificultam a obtenção de água em poços subterrâneos. A falta de chuva e a ocorrência de queimadas e incêndios florestais deterioram a qualidade do ar e aumentam a ocorrência de infecções respiratórias na população. Em longo prazo, a exposição da população aos gases e partículas tóxicas amplia o risco de câncer.

Períodos extremamente secos ou chuvosos também estão associados ao desempenho da agropecuária em Rondônia, um importante setor econômico do estado. O déficit hídrico nos solos e a falta de água para irrigação durante eventos de seca extrema afeta o crescimento de culturas, quebra safras e inflaciona o preço dos itens agrícolas ao consumidor. Os gastos com a manutenção das pastagens aumentam, o que também reflete no preço da carne bovina. A atividade pesqueira é prejudicada pela alta mortalidade de peixes em função do aumento da temperatura e degradação da qualidade da água. Os peixes constituem item essencial da dieta da população amazônica. Durante as cheias, as inundações reduzem a área disponível para agricultura e pecuária. Eventualmente, animais ficam isolados e até mesmo morrem afogados.

A Floresta Amazônica constitui enorme fonte de biodiversidade, vapor d'água e água doce e tem papel determinante nos ciclos do carbono, da água e na regulação do clima regional. Fearnside (2003) destaca a evapotranspiração como importante componente do ciclo hidrológico responsável pela precipitação na região e afirma que a substituição da floresta por pastagem produz efeitos significativos nesse processo.

Autores como Eagleson (1986) e Salati e Vose (1984) afirmam que a conversão de floresta em pastagem pode reduzir a chuva na Amazônia e até mesmo nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, intensificando a estação seca característica do regime tropical. Saleska *et al.* (2007) e Lewis *et al.* (2011) afirmam que há uma relação direta entre o aumento nas emissões de gases de efeito estufa e a ocorrência e intensificação das secas na Amazônia. Saleska *op cit* sugerem que as mudanças climáticas globais (aquecimento global) poderiam levar à savanização da floresta.

O sul da Amazônia constitui área de transição entre a Floresta Amazônica e o Cerrado brasileiro e por ser a região mais antropizada do bioma amazônico é comumente denominada Arco do Desmatamento, do Desflorestamento ou, ainda, do Fogo. O Arco do Desmatamento se estende por uma faixa contínua com cerca de 3 mil quilômetros de extensão por aproximadamente 600 de largura, com território estimado em 1,7 milhão de km² em 248 municípios e abrange parte dos estados do Acre, Rondônia, norte do Mato Grosso, sul do Amazonas, sudeste do Pará, além do oeste do Maranhão e noroeste do Tocantins (ARAÚJO *et al.*, 2007) (figura 1).

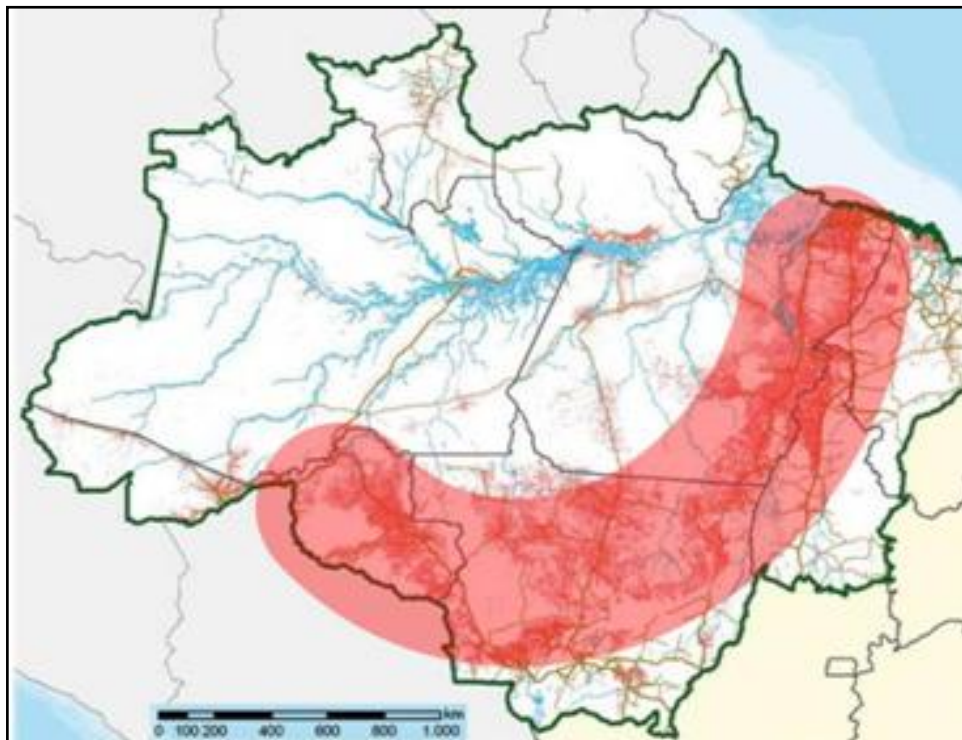


Figura 1
Amazônia Legal Brasileira: limites e distribuição espacial do desmatamento, com destaque para o “Arco do Desmatamento”.
Fonte: Lui e Molina, 2009

Desde os anos 70 do século XX essa faixa da Amazônia é alvo de expansão da fronteira agropastoril brasileira.⁵ Segundo dados de levantamentos feitos com base em imagens de satélite pelo INPE, de 1988 a 2013 foram desmatados 402.614 km² nos nove estados brasileiros localizados dentro da Amazônia, área maior que o território do estado de Goiás. Os estados que mais desmataram nesse período foram, nesta ordem, Mato Grosso, Pará e Rondônia.⁶

A área de interesse dessa pesquisa compreende o estado de Rondônia, o sudeste do Acre e o noroeste do Mato Grosso, região aqui concebida como Amazônia Meridional, incluída no Arco do Desmatamento. A intensa ocupação humana nesse setor da Amazônia pode ter produzido variabilidades e tendências importantes no comportamento da precipitação pluvial, inclusive com aumento na frequência de eventos pluviais extremos. Caso tal aumento seja comprovado, desastres naturais poderão se tornar mais frequentes na região, o que suscita incertezas e motiva o desenvolvimento desta pesquisa.

Embora eventos pluviais extremos façam parte da dinâmica natural do clima terrestre, tendo ocorrido diversas vezes no passado, o aumento da população e da densidade demográfica e a crescente ocupação de áreas de risco tem tornado as sociedades mais vulneráveis aos seus impactos. Em Rondônia, enchentes e inundações decorrentes desses eventos têm afetado o cotidiano da população, o que sugere vulnerabilidade, exposição e pouca adaptabilidade.

Deste modo, esta proposta pretende fornecer contribuições no campo da Climatologia Geográfica, como tentativa de criar subsídios aos planejamentos governamentais e estratégias sociais de enfrentamentos futuros, na perspectiva de colaborar na prevenção de riscos e desastres naturais associados a enchentes e inundações e o efetivo desenvolvimento socioeconômico de Rondônia.

Além disso, a pequena quantidade de pesquisas desse caráter na região lança esta Tese ao desafio de atender as expectativas do meio acadêmico e estimular o surgimento de outras que enfatizem de forma mais aprofundada a

⁵ Para uma primeira aproximação acerca dos conflitos e desafios da gestão ambiental na Amazônia Legal ver capítulo I de MENDONÇA, F. (Org.) *Gestão Ambiental do Território na Amazônia Brasileira: uma perspectiva crítica a partir das particularidades de Rondônia e Porto Velho*. 1 ed. São Paulo: Terceira Margem, 2014, v. 1.

⁶ Estes dados fazem parte dos resultados do Projeto PRODES de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira. Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>> Acesso em 14 de agosto de 2014.

abordagem sobre a formação e mensuração de riscos e vulnerabilidades associadas a eventos climáticos extremos na Amazônia.

QUESTÕES

Diante da ocorrência dos eventos pluviais extremos destacados acima emergem questões fundamentais, norteadoras desta pesquisa, a saber:

- 1) O comportamento – variabilidade intra e interanual – das chuvas no sul da Amazônia tem se modificado?
- 2) A sazonalidade característica do regime pluvial desse setor da Amazônia se intensificou?
- 3) Eventos pluviais extremos em escala sazonal, como os responsáveis pelas cheias de 2009, 2012 e 2014 e as secas de 1998, 2005 e 2010 têm se tornado mais frequentes na Amazônia Meridional?
- 4) Que sistemas atmosféricos são responsáveis pela gênese dos episódios de chuvas excepcionais na região?
- 5) O comportamento das chuvas na Amazônia Meridional apresenta alguma relação com índices atmosféricos em outras regiões da Terra?
- 6) Quais são os principais riscos e impactos associados às enchentes e inundações em Rondônia?

HIPÓTESES

- 1) O comportamento da precipitação pluvial no sul da Amazônia brasileira – Amazônia Meridional – tem apresentado desvios que se distanciam do padrão climatológico da região e revelam a intensificação da variabilidade sazonal das chuvas na região.
- 2) A ocorrência de desastres associados a eventos pluviais extremos no estado de Rondônia é caracterizada pela presença de riscos socioambientais de grande monta que impactam a sociedade e economia estadual como um todo.

OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como objetivo principal o de analisar a ocorrência de eventos pluviais extremos em escala sazonal na Amazônia Meridional e identificar os riscos e os impactos das enchentes e inundações em Rondônia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Analisar o comportamento, dinâmica, variabilidade e tendências da precipitação pluvial na Amazônia Meridional.
- 2) Definir as estações seca e chuvosa na região e analisar a variabilidade interanual da chuva nesses períodos – análises sazonais.
- 3) Identificar anos-padrão habituais e extremos (secos e chuvosos) quanto ao comportamento da precipitação pluvial na área de estudo.
- 4) Analisar as configurações atmosféricas responsáveis pela gênese de eventos pluviais extremos na região.
- 5) Identificar a influência de teleconexões extra-regionais sobre o comportamento das chuvas na Amazônia Meridional.
- 6) Realizar estudo de caso sobre o desastre natural de 2014 em Rondônia e investigar os principais riscos e impactos socioambientais associados a enchentes e inundações no estado e no município de Porto Velho.

METODOLOGIA E TÉCNICAS DA PESQUISA

Nesta seção serão apresentados os principais métodos, técnicas e dados empregados na pesquisa, além dos critérios considerados na definição da área de estudo. A presente proposta desenvolveu duas abordagens paralelas – conjuntas e complementares: a primeira, mais específica, de natureza puramente climatológica, se dedicou ao estudo do clima da Amazônia Meridional, com ênfase na pluviosidade em sua temporalidade e espacialidade. Nesta abordagem foram empregados dados pluviométricos obtidos em órgãos oficiais, os quais receberam tratamento estatístico adequado a análise climatológica.

A outra abordagem, mais ampla, se concentrou na investigação dos riscos associados a eventos pluviais extremos em Rondônia e impactos da cheia histórica

do rio Madeira em 2014. Tal abordagem baseou-se em dados oficiais obtidos junto ao Ministério da Saúde, secretarias municipais e estaduais, além de notícias divulgadas pela imprensa, que permitiram identificar as principais vulnerabilidades do estado de Rondônia e do município de Porto Velho frente à ocorrência de eventos pluviais extremos.

Elaborou-se um organograma metodológico desta pesquisa (figura 2), no qual foram sintetizadas as etapas e técnicas desenvolvidas. A fase inicial consistiu na problematização do objeto ou tema de estudo – clima (pluviosidade) e desastres naturais (enchentes e inundações). Essa fase se caracterizou pelo exercício da revisão bibliográfica e fundamentação teórica acerca do recorte temático proposto.

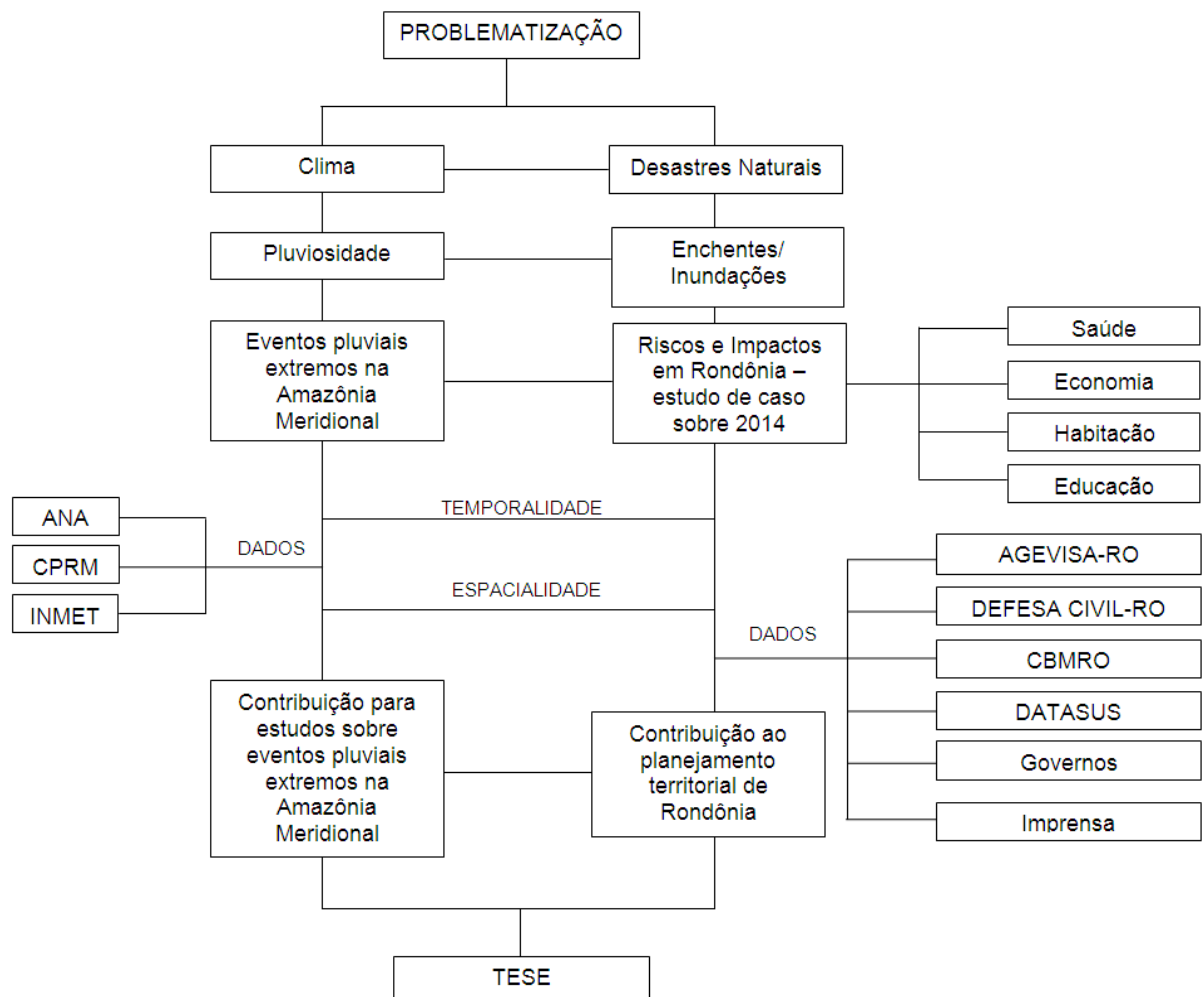


Figura 2
Organograma metodológico da pesquisa
Elaboração: FRANCA, R. R.

A fase posterior consistiu na obtenção e tratamento estatístico-descritivo dos dados de pluviosidade, bem como a elaboração do diagnóstico sobre os eventos

pluviais extremos em sua temporalidade e espacialidade na região da Amazônia Meridional. Nessa etapa também foram adquiridos e analisados os dados sobre riscos e impactos associados a enchentes e inundações em Rondônia. Tais análises culminaram em algumas considerações e sugestões ao poder público, com a finalidade de contribuir para o (re) ordenamento do território, na gestão dos riscos a desastres naturais e minimização da exposição e vulnerabilidade a episódios extremos. A seguir serão descritos detalhadamente alguns itens dessas etapas.

Amazônia Meridional: o recorte espacial deste estudo

Para definição da área de estudo foram considerados dois critérios, ambos diretamente relacionados às condições climáticas da Amazônia Meridional:

Critério 1: As especificidades do clima regional. Nesta perspectiva tomou-se como base do estudo a Unidade Climática Equatorial Quente e Úmida (3 meses secos), conforme a classificação climática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esse tipo climático foi escolhido, pois abrange uma extensa área que inclui a cidade de Porto Velho e quase todo o estado de Rondônia (figura 3), onde estão as localidades nas quais os impactos do evento de 2014 foram mais intensos.

Segundo Nimer (1979), a proposta de classificação originalmente elaborada por ele e sua equipe em 1974 é baseada em três sistemas, a saber: 1º) De caráter genético, fundamentado na climatologia dinâmica e nos padrões de circulação atmosférica, o qual resulta em três grandes unidades climáticas no território brasileiro: Equatorial, Tropical e Temperado; 2º) Empírico, baseado nos valores médios e extremos da temperatura do ar, o qual resulta nas subáreas Quente – com média superior a 18°C em todos os meses do ano, Subquente – com pelo menos um menos no qual a média esteja entre 15°C e 18°C e Mesotérmico Mediano e Brando – com médias térmicas mensais entre 10°C e 15°C; e 3º) Baseado na quantidade de meses secos no ano, o que resultou em diversas classes, desde “sem seca” no noroeste do Amazonas até “11 meses secos” no sertão pernambucano.

Desse modo, no domínio Equatorial encontrado no Norte do Brasil foram definidas 4 Unidades Climáticas, a saber: I) Equatorial Quente, Super Úmido (Sem Seca); II) Equatorial Quente, Super Úmido (Subseca); III) Equatorial Quente, Úmido

(1 a 2 meses secos); e IV) Equatorial Quente, Úmido (3 meses secos) – Unidade de interesse desta pesquisa.

Critério 2: As especificidades da pluviosidade regional. Nesse segundo critério foi observado o regime pluvial típico da área afetada pelas inundações, que apresenta trimestre mais chuvoso em dezembro/janeiro/fevereiro e mais seco em julho/agosto/setembro. Esse regime, altamente sazonal (monçônico), predominantemente encontrado no extremo sul da Amazônia (figura 4a; 4b), indica traços de tropicalidade e vai ao encontro dos objetivos dessa pesquisa. A área de interesse está na transição entre a Amazônia e o Cerrado e apresenta características climáticas de ambos os biomas. Apesar de exibir médias térmicas e volumes pluviométricos elevados, atributos típico da região equatorial, a área possui estações seca e chuvosa bem definidas, a exemplo do que ocorre nos climas da região central e interior do Brasil.

Na definição da área de estudo desta pesquisa, os limites da Unidade Climática Equatorial Quente, Úmido (3 meses secos) proposta pelo IBGE foram mantidos à oeste, sul e norte. No leste da área, o limite foi estabelecido sobre a Serra Formosa, importante divisor fluvial, entre as bacias dos rios Tapajós e Xingu. Essa região corresponde à área aproximada de transição entre o regime pluvial com chuvas concentradas em dezembro/janeiro/fevereiro, de interesse desta pesquisa, e os demais regimes amazônicos a norte, com estação chuvosa centrada em janeiro/fevereiro/março ou fevereiro/março/abril, por exemplo. A área, com aproximadamente 602.286 km² foi denominada como Amazônia Meridional.

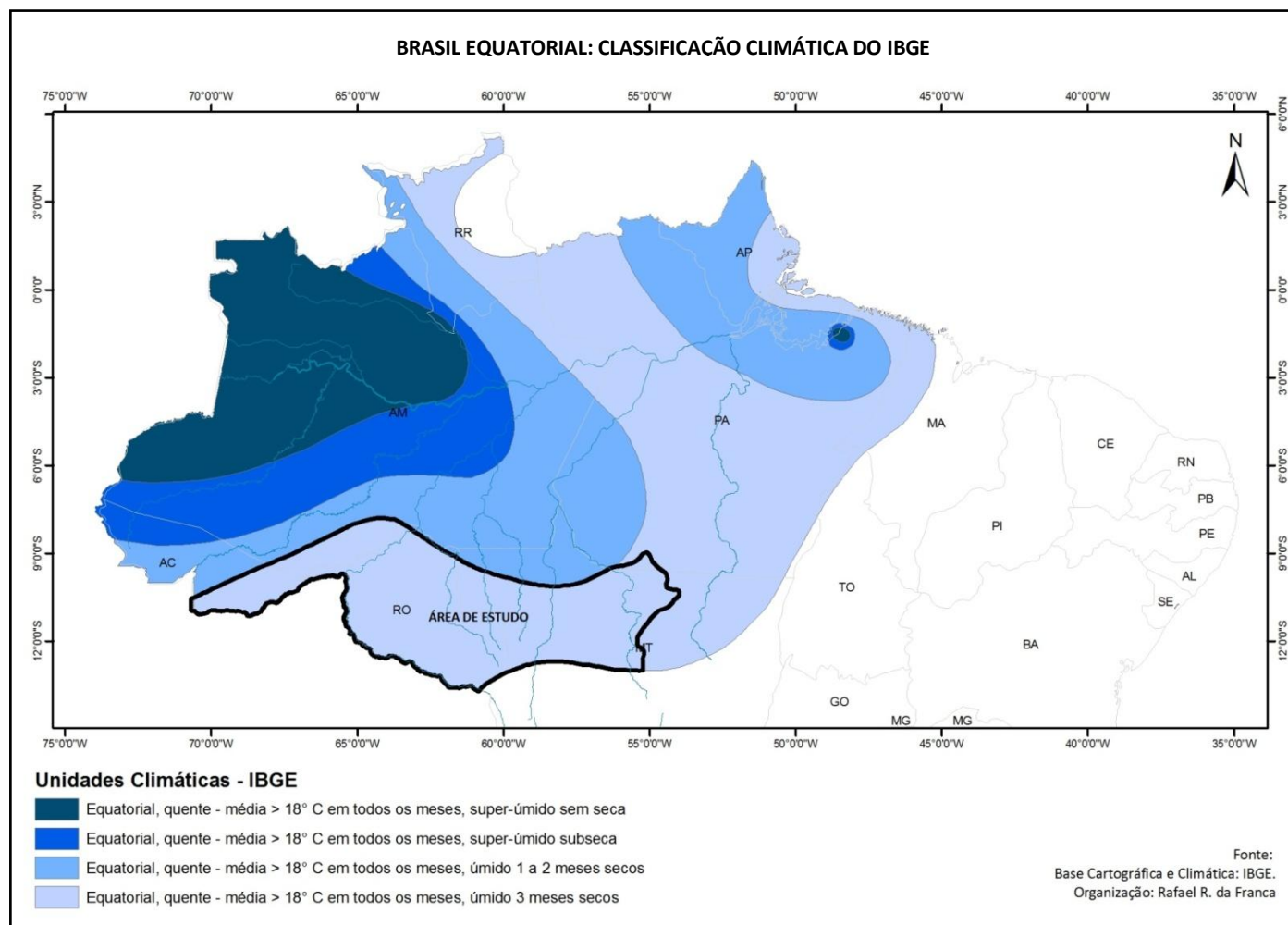


Figura 3
Brasil Equatorial: classificação climática do IBGE
Elaboração: FRANCA, R. R.

Trimestre mais chuvoso do ano (1961-2009)



Trimestre mais seco do ano (1961-2009)



Figura 4

Região amazônica brasileira: trimestre mais chuvoso do ano (a); e trimestre mais seco do ano (b) - 1961-2009

Fonte: Adaptado de INMET

Obtenção dos dados meteorológicos

Foram selecionadas 41 estações meteorológicas⁷ dentro e no entorno da delimitação estabelecida, com no mínimo 20 anos de dados, entre as coordenadas geográficas de latitude 7° S e 13° S e de longitude 51° W e 69° W, o que compreende Rondônia, extremo sul do Amazonas, o leste do estado do Acre e norte do Mato Grosso (figura 5). As fontes dos dados desta pesquisa são o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão governamental ligado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento responsável pela instalação e manutenção de estações meteorológicas no Brasil para monitoramento do tempo e clima e o Hidroweb, um banco de dados virtual de informações hidrológicas que reúne dados de estações pluvio e fluviométricas de diversos órgãos, como a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). A lista das localidades selecionadas, com seu respectivo código, localização, altitude e período da série de dados é apresentada como apêndice (A) ao final desta Tese.

Desde 2011, o INMET disponibiliza via internet (<http://www.inmet.gov.br>) um banco de dados em formato digital, com informações diárias e horárias coletadas a partir de 1961 em dezenas de estações em todo o Brasil. Portanto, os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos gratuitamente nesse sítio. Os dados do Hidroweb também são disponibilizados gratuitamente, em estado bruto, na internet (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). Essas diversas informações numéricas foram tabuladas em planilhas do *software* Excel em intervalos mensais e anuais.

A estação mais antiga do banco de dados é a de Rio Branco (AC) que passou a funcionar em 1970. As estações de Guajará-Mirim (RO) e Gleba Celeste (MT) passaram a funcionar em 1973. No entanto, até 1977 apenas 11 das 41 localidades, ou seja, menos de 30% do total, possuíam estações em funcionamento. Foi somente em 1981 que a maioria das localidades (51,2%) passou a ter estações em atividade. Embora esse número tenha sofrido

⁷ O Brasil e, sobretudo, as regiões Norte e Nordeste do país apresentam baixa densidade de estações meteorológicas de superfície, o que justifica o número relativamente modesto de localidades selecionadas. Em Rondônia, por exemplo, as estações se concentram no eixo da principal rodovia federal que corta o estado: a BR 364, onde se encontram os principais núcleos urbanos e de povoamento regional.

variações nos anos subsequentes, a porcentagem de localidades com dados se manteve sempre acima dos 51 % e chegou aos 92,6 % em 1987. Ironicamente, o ano mais recente da série (2012) apresentou apenas 39,1% dos dados e foi excluído das análises. Portanto, o período de análise desta Tese é 1981-2011 (31 anos). Nesta pesquisa optou-se por não utilizar técnicas para preenchimento de falhas. Os vazios da série foram desconsiderados no cálculo das médias, razão pela qual não houve prejuízos às análises.

A relativa baixa densidade de estações meteorológicas na área de estudo pôde ser atenuada por meio da aplicação de métodos para interpolação espacial de dados. A interpolação é um procedimento de estimação do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área, região ou espaço onde os dados se encontram distribuídos. A previsibilidade de dados é feita a partir do raciocínio de que, em média, valores dos atributos tendem a ser similares em locais mais próximos do que em locais mais afastados.

Dentre os diversos métodos de previsibilidade espacial de dados, a Krigagem se destaca no mapeamento de fenômenos do campo atmosférico (CAMARGO, 2003). As vantagens desse método decorrem da utilização de médias móveis ponderadas, isto é, com pesos diferentes para cada ponto amostral. Esses diferentes pesos são definidos a partir de uma análise espacial. Pereira (2011) afirma que a Krigagem Ordinária apresenta-se como excelente procedimento de interpolação para determinar dados espacialmente localizados, contudo este método apresenta algumas limitações, dentre as quais a mais importante se refere a um efeito de suavização da variação espacial da informação em questão a partir de estimativas. Portanto, outros métodos de interpolação, como o inverso do quadrado da distância, vizinho mais próximo, curvatura mínima, regressão polinomial e triangulação foram considerados e testados.

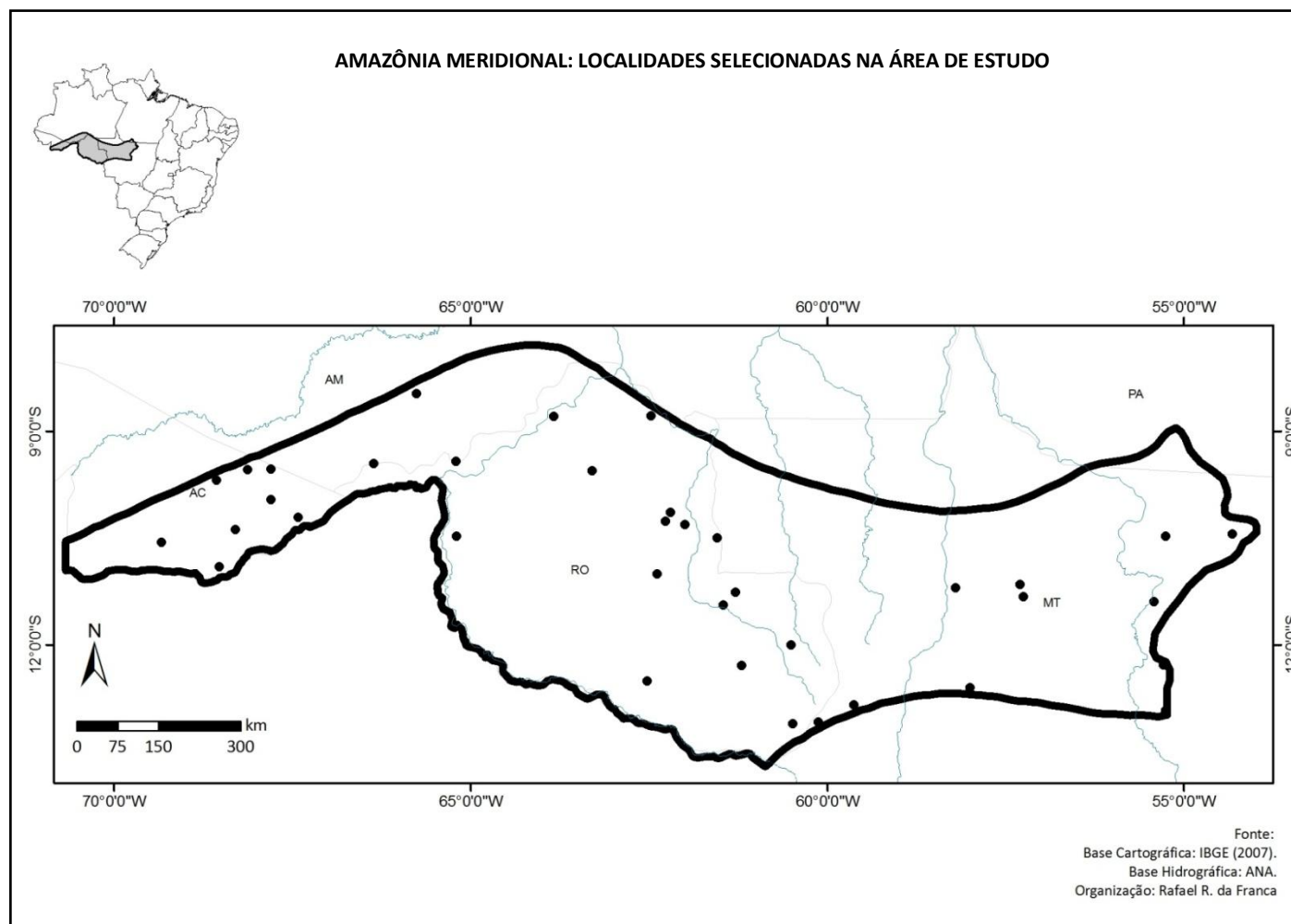


Figura 5
Amazônia Meridional: localidades selecionadas na área de estudo desta pesquisa
Elaboração: FRANCA, R. R.

Teleconexões

Os dados dos seis índices utilizados para identificar a influência de teleconexões extra-regionais sobre o comportamento das chuvas na região – o *North Atlantic Oscillation* (NAO), o *Oceanic Niño Index* (ONI)⁸, o *Tropical Northern Atlantic Index* (TNA) e o *Tropical Southern Atlantic Index* (TSA)⁹, o *Southern Oscillation Index* (SOI) e o *Pacific Decadal Oscillation* (PDO) – foram obtidos gratuitamente no sítio do *Earth System Research Laboratory* (ESRL) da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)¹⁰. As análises foram efetuadas para o período 1981-2011, a partir da tabulação dos dados mensais em planilhas do *software* Excel, onde os mesmos receberam tratamento estatístico.

Testes de correlação linear entre esses índices e a precipitação pluvial na Amazônia Meridional permitiram analisar a influência de outras áreas do Globo no comportamento das chuvas na região. Os resultados da correlação estatística são expressos pelo coeficiente de correlação de Pearson que varia entre -1 (correlação negativa perfeita) e +1 (correlação positiva perfeita). O resultado próximo de 0 significa que não existe correlação entre as variáveis. É importante ressaltar, contudo, que a presença de correlação estatística não garante que haja relação causal, isto é, relação de causa e efeito entre os conjuntos de dados. Assim, a correlação entre duas variáveis pode resultar da interferência de outras variáveis não conhecidas (VIEIRA, 2012).

Estatística Descritiva

Definição dos anos-padrão habituais e extremos

Uma vez tabulados, os dados foram estatisticamente tratados por meio da aplicação de medidas de tendência central – média; medidas de variabilidade – desvio padrão e coeficiente de variação; e regressão linear. Essa etapa teve início com a definição do total de chuva para cada ano da série. Esse valor foi obtido a

⁸ As anomalias da temperatura da superfície do mar do Pacífico (ONI) se referem à região do Niño 3.4 – latitudes 5°N a 5°S e longitudes 120°W a 170°W.

⁹ Os dados de anomalias da temperatura da superfície do mar do Atlântico Tropical Norte (TNA) se referem à área que compreende as latitudes 5,5°N a 23,5°N e longitudes 15°W a 57,5°W. No Atlântico Tropical Sul (TSA), a área considerada pelos dados corresponde as latitudes 0° a 20°S e longitudes 10°E a 30°W. Em ambos os índices as anomalias são calculadas em relação à climatologia do período 1971-2000.

¹⁰ O endereço visitado foi <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>> Acesso em 5 de julho de 2014.

partir do somatório dos valores mensais. Posteriormente, a aplicação de médias para o período de 31 anos permitiu determinar o comportamento climatológico mensal e anual das chuvas para cada localidade, assim como para o conjunto da Amazônia Meridional. Os resultados dessas análises possibilitaram estabelecer os períodos que compõem as estações seca e chuvosa na região, os quais foram tomados como referência nas análises sazonais. Toda a estatística descritiva foi desenvolvida no Excel.

O procedimento empregado na identificação e seleção de anos-padrão habituais e extremos (secos e chuvosos) para o comportamento da precipitação pluvial na Amazônia Meridional é o proposto por Monteiro (1971; 1973; 1976) e se baseia no cálculo do coeficiente de variação anual da pluviosidade (CVa). O CVa é calculado a partir do desvio (diferença) entre o total de precipitação anual (Pa) e o total anual médio (Pm). Esse resultado é transformado em percentual por meio da equação abaixo:

$$CVa = \frac{(Pa - Pm) * 100}{Pm}$$

A tipologia proposta por Monteiro para definição de anos habituais (normais) e extremos – secos e chuvosos, é a seguinte: 1) Ano normal (N) – apresenta coeficiente de variação de pluviosidade entre -15% a +15%; 2) Ano normal tendente a seco (NS) – apresenta CVa de -30% a -15%; 3) Ano normal tendente a chuvoso (NC) – apresenta CVa entre +15% a +30%; 4) Ano seco (S) – apresenta CVa igual ou superior a -30%; e 5) Ano chuvoso (C) - apresenta desvios iguais ou maiores a +30%.

Estudo da variabilidade e tendências

A análise temporal dos dados inclui a representação em gráficos de linha dos totais de chuva anuais e sazonais para o período 1981-2011. O grau de variabilidade dos dados ao longo do tempo é dado a partir do cálculo do desvio padrão e do coeficiente de variação (em %) para aquele período. Essas medidas são tanto maiores quanto maior é a dispersão dos dados em um conjunto, ou seja, a

ocorrência de valores extremos em uma série amplia seu desvio padrão e coeficiente de variação.

Nesses gráficos também foram incluídas retas de tendência linear simples e suas respectivas equações e coeficientes de determinação. As equações lineares apresentam a seguinte configuração (VIEIRA, 2012):

$$Y = a + bX$$

Onde, “Y” é a variável explicada (dependente); “a” é o coeficiente linear da reta que dá a altura em que esta intercepta o eixo vertical; “b” é o coeficiente angular da reta que indica a sua inclinação (ascendente, descendente ou paralela ao eixo horizontal); e “X” é a variável explicativa (independente).

O coeficiente de determinação (r^2) revela a força da relação linear entre a variável chuva e o tempo, o que permite observar e avaliar tendências em seu comportamento ao longo da série. Esse coeficiente varia entre 0 e 1, inclusive, e é interpretado como a proporção de variação de uma variável que é explicada pela variação de outra variável (VIEIRA, 2012). Quanto mais próximo a 1 mais perfeita é essa relação, ou seja, mais bem explicada ela é pelo modelo linear. Já um coeficiente de determinação próximo a 0 indica que a relação linear é fraca e que as variáveis não podem ser bem explicadas por esse tipo de modelo.

Dinâmica atmosférica em períodos excepcionalmente chuvosos – Análise Rítmica

O estudo de caso apresentado nesta pesquisa tem a finalidade de caracterizar a atuação dos sistemas atmosféricos responsáveis por períodos excepcionalmente chuvosos na Amazônia Meridional. Embora tais ocorrências não sejam raras, esta pesquisa optou por estudar o período compreendido entre dezembro de 2013 e agosto de 2014 em Porto Velho (RO). Essa escolha ocorreu em função da grande excepcionalidade das enchentes e inundações ocorridas ao longo do rio Madeira nesse ano, fato único e sem precedentes na história recente de Rondônia. O período foi analisado em escala diária a partir do reconhecido método da Análise Rítmica proposto por Monteiro (1971).

A Análise Rítmica é um método de análise do comportamento diário dos elementos climáticos. Esse método, fundamentado no paradigma do ritmo climático difundido por Maximilliem Sorre (1943), é reconhecido por representar um avanço importante nos estudos da climatologia geográfica brasileira, ao dar ênfase à dinâmica dos sistemas atmosféricos responsáveis pelos tipos de tempo em uma localidade. Ao contrário da climatologia clássica, baseada na estatística descritiva e, sobretudo, na abstração das médias, a climatologia dinâmica, por meio da Análise Rítmica, se dedica a compreender o padrão atmosférico associado a determinados fenômenos. Nesse caso, os períodos de observação são reduzidos para dias ou semanas em prol da obtenção de “expressões reais” da atmosfera (MONTEIRO, 1969).

O método proposto por Monteiro consiste na montagem de um gráfico de representação simultânea dos elementos do clima – temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica – em sua variação diária, além de elementos da circulação atmosférica regional ou sinótica. A direção do vento, variável intimamente ligada à circulação atmosférica, e a precipitação pluvial, resultado da presença de umidade na atmosfera, também devem ser preferencialmente incluídos. Monteiro (1971) destaca que a noção de ritmo climático só pode ser compreendida por meio da relação entre os elementos climáticos mencionados acima e a representação gráfica da sequência e alternância dos diferentes sistemas meteorológicos envolvidos na circulação secundária:

O ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo (MONTEIRO, 1971, p. 19).

Os dados meteorológicos de Porto Velho utilizados nessa análise foram obtidos no sítio virtual do INMET, na seção Estações Automáticas. Essa estação iniciou seu funcionamento em 2007 no mesmo local onde funcionou a estação convencional do município. Além do comportamento diário dos parâmetros meteorológicos, foram consultadas cartas sinóticas e imagens de satélites obtidas nos sítios do Centro de Previsão de Tempo e Clima (CPTEC), divisão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e do Serviço Meteorológico Marinho do Brasil, que permitiram identificar os sistemas atmosféricos de superfície dominantes

no período. Os gráficos de temperatura do ar (máxima, mínima e média 24 horas), umidade relativa do ar (média 24 horas), pressão atmosférica (média 24 horas), precipitação pluvial (acumulado 24 horas), direção predominante dos ventos (média 24 horas) e sistemas atmosféricos dominantes foram confeccionados no *Excel*. Também foi incluído um gráfico com o ritmo diário do nível do rio Madeira em Porto Velho no período, cujos dados foram obtidos no sítio do Hidroweb mantido pela ANA.

Riscos e impactos de eventos pluviais extremos em Rondônia

A formação de situações de risco a desastres naturais decorrentes de períodos excepcionalmente chuvosos ou secos ocorre em função da vulnerabilidade e exposição da sociedade e das características físicas dos eventos atmosféricos. Episódios recentes, como as cheias e inundações de 2009, 2012 e 2014 e as secas de 2005 e 2010 têm evidenciado a vulnerabilidade e exposição das populações amazônicas a essas ocorrências.

Nesta pesquisa foram investigados os principais riscos e impactos associados a enchentes e inundações no estado de Rondônia. Por sua magnitude, excepcionalidade, abrangência e por revelar riscos e vulnerabilidades presentes na área de estudo enfatizou-se o período compreendido entre dezembro de 2013 e agosto de 2014, quando o estado de Rondônia enfrentou os efeitos da maior cheia já registrada no rio Madeira.

A pesquisa se baseou em dados secundários sobre saúde, habitação, economia, educação, entre outros, obtidos junto ao Governo do Estado de Rondônia, secretarias e prefeituras municipais, Defesa Civil, boletins do Corpo de Bombeiros do Estado de Rondônia e da Agência Estadual de Vigilância Sanitária (AGEVISA-RO), bem como informações do banco de dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) na internet. Além disso, foram consultadas notícias em jornais, internet e demais fontes não-governamentais. Alguns locais foram visitados em trabalhos de campo realizados pelo autor, com a finalidade de averiguar os dados secundários, bem como obter registros fotográficos que ilustrassem situações de riscos e impactos à cheia de 2014 no município de Porto Velho.

Mapeamento

Os dados levantados e analisados nesta pesquisa foram empregados na elaboração dos mapas apresentados ao longo do texto. Para tanto utilizou-se o *software* ArcMap 9.3 por meio do qual foram confeccionados os cartogramas. São apresentados mapas da climatologia da precipitação pluvial anual, sazonal e de percentual de anos habituais, secos e chuvosos, além de mapas hidrográficos e políticos de Rondônia. As bases cartográficas foram obtidas gratuitamente na internet em sítios como o do IBGE.

1 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS: RISCOS, IMPACTOS E DESASTRES

Desde o final de seu resfriamento, há aproximadamente 570 milhões de anos¹¹, a Terra passou por sucessivas variações climáticas. Ao longo de suas eras, o Planeta enfrentou períodos glaciais intercalados por curtas temporadas de aquecimento. Tais variações ao longo da história geológica da Terra são definidas como mudanças climáticas.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial, a mudança climática consiste em uma variação estatística significativa do estado médio do clima, que persiste por um longo período, de no mínimo trinta anos. Essas mudanças podem ocorrer devido a processos naturais internos ou ação de forçantes externas, inclusive pelo homem (WMO, 2013). Recentemente, a intensificação do efeito estufa planetário – aquecimento global – tem sido atribuído às crescentes emissões de gases, como dióxido de carbono e metano, resultantes das mais diversas atividades humanas (MENDONÇA, 2006).

Em outra dimensão espaço-temporal, o conceito de variabilidade climática é aplicado a variações, em períodos de tempo menores, no comportamento dos elementos climáticos, geralmente em escala regional. A diferença fundamental entre mudança e variabilidade climática reside na persistência das condições anômalas, característica própria à primeira.

É no contexto da variabilidade climática que se inserem os eventos climáticos extremos. Eles podem ocorrer nas mais diversas escalas espaço-temporais: desde um evento pluvial intenso com apenas alguns minutos de duração sobre uma área urbana até uma seca sazonal severa de dimensão continental, como este capítulo propõe apresentar.

1.1 Eventos climáticos extremos: definições e escalas de análise

A definição do conceito de eventos climáticos extremos é ampla, não consensual e quase sempre está baseada em diferentes índices climáticos capazes de avaliar a frequência, duração e intensidade desses eventos. De modo geral, um evento extremo pode ser concebido como tal em função de sua baixa frequência

¹¹ O resfriamento da Terra desde a sua formação há 4,6 bilhões de anos até o começo da era Paleozoica (há 570 milhões de anos) permitiu a consolidação da litosfera, surgimento da hidrosfera e da atmosfera semelhantes ao que são hoje (SANT'ANNA NETO, 2013c).

(raridade); intensidade excepcional ou pelos impactos e prejuízos que eles exercem sobre o meio-ambiente e a economia (BENISTON e STEPHENSON, 2004).

Marengo *et al.* (2007) definem eventos extremos como anomalias climatológicas em escalas de tempo que variam de horas, dias, estações até milhares de anos. Dentre os eventos extremos de curta duração destacam-se: chuvas intensas, ondas de calor e frio, geadas, secas, temporais e furacões, por exemplo. Os autores ressaltam que é difícil atribuir tais excepcionalidades ao tempo ou clima “pois têm diferentes considerações espaciais e temporais” (p. 9, 2007).

Para Stephenson (2008, p. 1) “*the definition, classification, and diagnosis of extreme events are far from simple.*” Assim, segundo este autor, eventos extremos são fáceis de reconhecer, porém difíceis de definir. Isso se deve à inexistência de uma definição universal e científica do que é um evento extremo e do uso indiscriminado de termos como extremo, severo, raro – quase sempre empregados com significados diversos. Desse modo, o autor propõe as seguintes definições sintetizadas no quadro 1:

Eventos climáticos: síntese de definições	
Tipo de evento	Definição
<i>Severe events</i> (Eventos severos)	São aqueles que causam grandes perdas, seja em termos de vidas humanas, economia ou meio-ambiente (como extinção de espécies, por exemplo).
<i>Rare events</i> (Eventos raros)	São eventos com baixa probabilidade de ocorrência e que produzem prejuízos que as sociedades e ecossistemas normalmente não estão preparados para lidar.
<i>Extreme events</i> (Eventos extremos)	São eventos que apresentam valores extremos em relação ao comportamento normal de determinadas variáveis meteorológicas. Os prejuízos são frequentemente causados a partir da ocorrência de extremos de chuva (cheias e inundações), vento (furacões) e temperatura (ondas de calor e frio), etc. Tais eventos geralmente são raros.
<i>High-impact events</i> (Eventos de alto-impacto)	Definição utilizada pela Organização Meteorologia Mundial para designar eventos severos, resultantes tanto da ação de sistemas meteorológicos de curta duração, a exemplo daqueles que causam chuvas fortes; quanto por situações sinóticas de longa duração, como episódios de bloqueio atmosférico que perpetuam ondas de calor ou seca.

Quadro 1
Eventos climáticos: síntese de definições
Fonte: Stephenson (2008)

Dentre os eventos climáticos extremos destacados por este autor enumeram-se: 1) furacões: segunda maior causa de catástrofes e perdas na Terra, atrás apenas de terremotos; 2) ciclones extratropicais; 3) fenômenos convectivos, como tornados e tempestades severas em escala horizontal de até 10 km; 4) fenômenos de mesoescala, como baixas polares e complexos convectivos em

escala horizontal de 100 km a 1000 km; 5) enchentes em rios, lagos e costas em função de chuvas intensas ou persistentes ou ainda devido a uma tempestade oceânica que aumenta o nível do mar pelo agitação do vento; 6) secas; 7) ondas de calor: períodos excepcionalmente quentes que produzem impactos na saúde humana e agricultura – sua duração é o que determina o impacto; 8) ondas de frio: sucessão de dias extremamente frios com temperaturas mínimas abaixo de 0°C; e 9) nevoeiro: redução extrema da visibilidade que produz impactos em vários âmbitos, como na aviação e estradas, por exemplo.

Stephenson (2008) ressalta, ainda, que eventos extremos possuem diferentes atributos e não deveriam ser classificados ou descritos apenas por números ou posições em um ranking. Alguns desses atributos podem ser a frequência de sua ocorrência, magnitude (intensidade), duração temporal, escala espacial e interação com outras variáveis. Desse modo, um grande furacão não deve ser classificado apenas pela velocidade de seus ventos, mas sim, como “*rare, has large-magnitude surface wind speeds, has a generally large spatial scale (...) and develops over synoptic timescales ranging from hours to several days.*” (p. 13). Nesse sentido, os eventos climáticos/meteorológicos extremos podem ser subclassificados por sua raridade, severidade e duração (quadro 2).

Eventos extremos: principais atributos
Raridade: eventos são considerados raros quando ocorrem com frequência inferior a de uma vez a cada 250 anos (período de retorno frequentemente utilizado por seguradoras para avaliar níveis aceitáveis de risco).
Severidade: dependendo de seus impactos, um evento pode ser considerado como severo ou não severo. A severidade de um evento não depende apenas de suas próprias características, mas também da exposição e vulnerabilidade do sistema a esses impactos.
Duração: eventos extremos podem ser classificados como agudos (curta duração) ou crônicos (duração prolongada ou recorrência frequente).

Quadro 2
Eventos extremos: principais atributos
Fonte: Stephenson (2008)

Marengo *et al.* (2007) afirmam que os eventos extremos de curta duração e alta intensidade têm recebido mais atenção dos cientistas e de toda a sociedade, seja pela gravidade de seus impactos ou mesmo pelas previsões de alguns modelos climáticos que indicam o aumento de sua frequência num cenário de aquecimento global. No entanto, eventos climáticos extremos sazonais, com duração de meses ou mesmo anos, merecem atenção e demandam técnicas e índices para serem estudados.

O *Fifth Assessment Report* do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (AR5 – IPCC, 2013) considera que “*there is no consistent definition in the scientific literature of what constitutes an extreme climatic event, and this complicates comparative global assessments*” (cap. 2, p. 64). O grupo propõe que seja estabelecida uma distinção entre evento climático extremo e evento meteorológico extremo.

Segundo esta definição, um evento meteorológico é extremo quando é raro para determinado lugar e época do ano. Assim, o que é extremo para uma cidade localizada nas latitudes médias pode não ser para uma localidade na zona intertropical. Caso haja persistência nas condições meteorológicas extremas por uma temporada ou estação, por exemplo, ele pode ser definido como evento climático extremo. Nesse caso, a disritmia é percebida nas médias (sazonais ou anuais). Portanto, a duração temporal do evento extremo é útil na diferenciação entre sua natureza climática e meteorológica.

De forma mais objetiva, a definição presente no *Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (SREX – IPCC, 2012) afirma que um evento climático extremo ocorre quando é observado um valor muito acima ou muito abaixo do valor normal no comportamento de alguma variável climática.

Eventos extremos de chuva têm se tornado mais frequentes e intensos, sobretudo na América do Norte, América Central e Europa, fato atribuído ao incremento da temperatura global. Segundo dados do relatório mais recente do IPCC (AR5, 2013), a temperatura do Planeta aumentou 0,85°C no período 1880-2012. Existem fortes evidências que o aquecimento global tem diminuído o número de dias e noites frias e aumentado a frequência de dias consecutivos de calor, ou seja, ondas de calor, desde meados do século XX, especialmente na Europa, Ásia e Austrália.

Sobre secas, os sinais e tendências são mais ambíguos, e, segundo o relatório do IPCC, isso se deve às diferentes definições empregadas. Há indícios de que as secas aumentaram em regiões como o Mediterrâneo e diminuíram no centro da América do Norte, por exemplo. Para outros eventos, como furacões, as evidências não são tão consistentes. Dentre os impactos globais relacionados às mudanças climáticas previstas pelo IPCC incluem-se alterações na biodiversidade, aumento no nível do mar e impactos na saúde, na agricultura e na geração de

energia. As conclusões citadas acima quase sempre se baseiam em análises quantitativas, realizadas a partir de índices climáticos – tema da próxima seção.

1.2 Índices para definição de eventos climáticos extremos

Muito do que existe na literatura científica sobre eventos climáticos extremos se refere a índices climáticos (ZHANG *et al.*, 2011). Esses índices se baseiam quase sempre no comportamento diário de elementos do clima, como a temperatura e a precipitação, e têm a finalidade de compreender a variabilidade, os ritmos e a excepcionalidade de eventos climáticos (MONTEIRO e CARVALHO, 2013). Eles podem apresentar caráter absoluto ou relativo.

Os índices climáticos absolutos utilizam valores absolutos das variáveis climáticas, considerados valores de referência, para caracterizar a ocorrência de um evento. Exemplos são os índices usados para definir dias de calor e frio. Já os índices climáticos relativos baseiam-se em valores de referência obtidos a partir do cálculo de percentis nas séries de dados, por exemplo. Seus limiares podem ser mais ou menos excepcionais conforme o período de referência considerado. Nesse grupo encontram-se, por exemplo, o índice de calor proposto por Díaz, que define uma onda de calor a partir da ocorrência de dois dias consecutivos com temperatura superior ao octogésimo percentil em relação ao período de referência.

Os índices bioclimáticos avaliam a relação entre o comportamento dos elementos climáticos e a saúde e o bem-estar humano. Alguns dos exemplos são o *Heat Index* (Índice de Calor) que combina temperatura e umidade relativa para determinar a temperatura aparente sentida pelo ser humano e o *Wind Chill* (Sensação Térmica) que cruza temperatura e velocidade do vento para determinar a temperatura sentida pelo corpo humano. Uma síntese com exemplos de alguns desses índices extraída de Monteiro e Carvalho (2013) é apresentada no quadro 3:

Índices climáticos para definição de eventos extremos		
Índices para calor	Índices para frio	Índices Bioclimáticos
Índices absolutos		<i>Apparent Temperature</i> (AT)
Dias muito quentes: temperatura máxima > 40°C; dias quentes: temperatura máxima > ou = 35°C	Dias muito frios: temperatura máxima < 10° C; dias frios: temperatura máxima < 15°C	
Dias de verão: temperatura máxima > ou = 25°C	Noites frias: temperatura mínima < 5°C	
Noites muito quentes: temperatura mínima > ou = 25°C	Noites de geada: temperatura mínima < 0°C	
Noites tropicais: temperatura mínima > ou = 20°C		
Índices relativos		<i>Wind Chill</i> (WC)
Dias/noites quentes: % dias com temperatura máxima > nonagésimo percentil; % dias com temperatura mínima > nonagésimo percentil em relação ao período de referência	Dias/noites frias: % dias com temperatura máxima < décimo percentil; % dias com temperatura mínima < décimo percentil em relação ao período de referência	<i>Heat Index</i> (HI)
Ondas de calor (IPCC): 5 dias consecutivos com temperatura máxima superior a 5°C em relação ao período de referência	Duração de onda de frio (Australian Meteorological): 4 noites consecutivas com temperatura mínima inferior ao décimo percentil	<i>Standard Effective Temperature</i> (SET)
Ondas de calor (WMO): 6 dias consecutivos com temperatura máxima superior a 5°C em relação ao período de referência	Onda de frio (WMO): 6 dias consecutivos com temperatura mínima inferior a 5°C em relação ao período de referência	<i>Discomfort Index</i> (Eurometeo)
Onda de calor (Díaz): 2 dias consecutivos com temperatura máxima e mínima > octogésimo percentil	Onda de frio (Díaz): 2 dias consecutivos com temperatura máxima e mínima < vigésimo percentil	<i>Weather Stress Index</i>
		<i>Index Thermal Stress</i> (ITS)

Quadro 3
Índices climáticos para definição de eventos extremos
Fonte: Monteiro e Carvalho (2013)

A definição, avaliação e quantificação de eventos ou períodos extremos de excesso ou escassez de chuva podem ser realizadas por meio da aplicação de índices que utilizam a precipitação, como o Índice de Anomalia de Precipitação (IAP), Índice de Porcentagem Normal (IPN), Método dos Decis (MD), o Índice de Precipitação Normalizada (IPN) e o *Standardised Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI) (ALTAMIRANO, 2010; VICENTE-SERRANO *et al.*, 2010). Outros índices como o *Standardized Soil Wetness Index* (SSWI) e o *Palmer Drought Severity Index* (PDSI) também merecem destaque (VIDAL *et al.*, 2010; PALMER, 1965).

O Índice de Anomalia de Precipitação é calculado a partir da diferença entre a média de precipitação da série e o tempo de escala selecionado dividido pelo desvio padrão; o Índice de Porcentagem Normal é obtido dividindo-se a precipitação atual pela precipitação normal (média de 30 anos) e multiplicando-se o resultado por

100. O Método de Decis consiste em dividir a distribuição de chuva durante um período de tempo suficientemente longo para cada intervalo de 20 % (quartil), 10% (decil) ou 1% (percentil) de distribuição. O Índice de Precipitação Normalizada desenvolvido por Mckee *et al.* (1993) quantifica o déficit ou excesso de precipitação em diversas escalas de tempo (1 mês, 3 meses, 6 meses ou 12 meses) a partir do cálculo da diferença entre a precipitação observada e a média climatológica, dividida pelo desvio padrão (ALTAMIRANO, 2010).

Cada um desses índices apresenta suas próprias tipologias e intervalos de classificação e não é objetivo detalhá-las. Conforme exposto no capítulo introdutório, a presente pesquisa utilizou o coeficiente de variação anual da pluviosidade (CVa) proposto por Monteiro (1971; 1973; 1976) que permite a identificação e seleção de anos-padrão habituais e extremos (secos e chuvosos).

O fenômeno da seca é quase sempre caracterizado a partir do déficit de chuva, isto é, desvios negativos em relação aos volumes normais para o período (mês, estação, ano). Contudo, a seca meteorológica depende de outras variáveis além da precipitação pluvial, como a evaporação e a temperatura. Dubreuil *et al.* (2010, p. 108) destacam que “o problema, complexo, da definição de seca não é apenas uma questão de pluviometria, embora na base haja uma deficiência de precipitação.”

Os autores apresentam alguns conhecidos métodos para definição do fenômeno, como o *Palmer Drought Severity Index* (PDSI) baseado na equação do balanço hídrico. A eficácia da técnica do balanço hídrico se deve ao fato de que o cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) envolve diversos parâmetros, como temperatura, precipitação, radiação, vento, e umidade (pelo método de Penman). O PDSI varia entre - 4 e + 4 e suas tipologias vão da seca extrema a umidade extrema (ALTAMIRANO, 2010).

Outros métodos, mais simples, como o de Gaussen (1952) que considera um mês seco quando o total de precipitação em milímetros é inferior a duas vezes a temperatura média em graus Celsius; e o de Birot (1970) que amplia esse limite a quatro vezes também são mencionados por Dubreuil *et al.* (2010).

Assim, conforme demonstrado, dependendo de sua finalidade e de como o índice foi formulado haverá diferentes formas de definir um evento climático extremo. Os índices climáticos podem conduzir a valores precisos sobre esses eventos, porém carregam consigo as limitações de um empirismo exacerbado que quase

sempre ignora as bases genéticas do clima que explicam a gênese desses fenômenos na atmosfera. Tão importante quanto definir um evento como extremo ou não, é analisar a sucessão de estados atmosféricos responsáveis por sua ocorrência, sua abrangência espacial e seus impactos sobre as sociedades humanas.

Conforme Dubreuil *et al.* (2010, p. 108) destacaram, estudos de eventos extremos, como secas, não podem ser concebidos fora do contexto socioeconômico:

o impacto das secas sobre o meio ambiente e sobre os homens não é apenas uma função da intensidade do fenômeno: é resultado também do nível de desenvolvimento econômico local, de relações estabelecidas entre a sociedade e o espaço regional que ela organiza (MARCHAND 1981), e portanto é por excelência uma questão de síntese geográfica regional. (DUBREIUL *et al.*, 2010, p.108)

Nesse caso, a compreensão de conceitos como risco, vulnerabilidade e exposição de um sistema a eventos climáticos extremos se torna necessária.

1.3 Riscos: perigos, vulnerabilidades e impactos

Os estudos sobre riscos, vulnerabilidades e adaptabilidade dos sistemas humanos às mudanças e variabilidades climáticas pertencem a um campo de pesquisa relativamente novo que reúne especialistas de várias áreas. A matriz conceitual que emerge desses estudos é composta por termos como risco, perigo (*hazard*), vulnerabilidade, exposição, resiliência, adaptação, entre outros.

No entanto, segundo Brooks (2003, p. 2) “*the relationships between these terms are often unclear, and the same term may have different meanings when used in different contexts and by different authors.*” Para Monteiro (2013), palavras como risco, perigo, vulnerabilidade, crise, catástrofe, entre outras, tem sido equivocadamente utilizadas como sinônimos. O problema se torna ainda maior quando se considera a raiz etimológica e o esquema imagético de cada um desses termos em diferentes línguas.

Segundo a autora, na língua portuguesa os substantivos risco e perigo (*hazard*) possuem significados distintos. O risco relaciona-se com a projeção do futuro, ou seja, com a probabilidade espacial e temporal de ocorrência de um episódio cujos efeitos são negativos (danos ou perdas). Desse modo, em português, o risco parece preceder o perigo (*hazard*), já que o segundo sugere grande proximidade da situação crítica causadora dos danos. Algo diferente da definição

anglo-saxônica em que o termo *hazard* “traduz algo de aleatório, ocasional, que não se pode prever e que afeta diferentes locais, isoladamente ou em conjunto, em diversos momentos.” (MONTEIRO, 2013, p. 145).

O perigo ou ameaça ocorre independentemente da vulnerabilidade ou circunstâncias às quais um sistema social se coloca. O risco, por sua vez, pode ser controlado, pois resulta da exposição e vulnerabilidade desse sistema ao episódio ameaçador. Monteiro (2013) se refere ao exemplo de Okrent (1980) em que duas embarcações – uma a remo e outra motorizada – atravessam um oceano. O percurso é o mesmo e o perigo – profundidade e ondulação do oceano – idêntico para ambas. No entanto, o risco – probabilidade de afundar – é muito maior para a embarcação a remo em razão de sua vulnerabilidade.

Desse modo, o perigo ou ameaça natural pode ser entendido como um fenômeno natural que ocorre em épocas ou regiões conhecidas gerador de perdas ou danos nas áreas atingidas, exemplos são terremotos, tornados, furacões, secas ou chuvas extremas. Já o risco é a probabilidade de danos e prejuízos sobre uma determinada área habitada pelo homem sob presença de um perigo ou ameaça.

Para Brooks (2003), o risco representa a probabilidade ao longo de um período de tempo especificado de alterações graves no funcionamento normal de uma comunidade ou de uma sociedade devido a eventos perigosos sobre condições sociais vulneráveis. Segundo Stephenson (2008), o risco é a perda esperada a longo prazo, que varia em função do produto da probabilidade de um evento (perigo/*hazard*), da exposição e da vulnerabilidade. Essa também é a interpretação disponível no SREX (IPCC, 2012).

Marengo *et al.* (2011) ressaltam que as características físicas de um evento não resultam necessariamente num conjunto de impactos diretos; estes ocorrerão pela vulnerabilidade da sociedade exposta e das suas condições materiais, econômicas e políticas para fazer face aos potenciais impactos associados.

Monteiro (2013) considera que a magnitude do risco ocorre mais em função da vulnerabilidade da população-alvo do que do tipo de episódio. Isto é, a gravidade de um evento resulta mais de como o homem interage com o espaço geográfico do que das características físicas do evento atmosférico. Evitar que riscos se transformem em desastres depende de como o homem compreende o sistema climático e considera-o em suas decisões na gestão do território.

Marandola Junior e Hogan (2004) destacam a polissemia de termos e concepções de risco e perigo oriundos dos mais diversos campos do saber e de diferentes línguas. Os autores corroboram com a diferenciação entre risco e perigo (*hazard*) e destacam as definições de Aneas de Castro (2000) que considera risco como probabilidade de ocorrência de um evento natural ou humano que provoca efeitos nocivos ao homem; e perigo como o próprio fenômeno em si capaz de causar perdas sobre determinada área.

Quanto às tipologias de risco, Rebelo (2003) considera que estes podem ser naturais, antrópicos ou mistos. Segundo o autor, os riscos naturais se subdividem em tectônicos, climáticos, geomorfológicos e hidrológicos. Os riscos antrópicos, por sua vez, são aqueles que decorrem de ações ou eventos diversos causados pelo homem.

Para Veyret (2007) o risco deve ser concebido como uma construção social que integra sistematicamente práticas de gestão, atores e territórios. A autora afirma que a noção de risco é intrínseca aos grupos humanos, individualmente ou em sociedade, pois “não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos. (...) O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal.” (VEYRET, 2007, p. 11).

Veyret e Richemond (2007) classificam os riscos em ambientais (naturais), industriais, tecnológicos, econômicos, geopolíticos e sociais, conforme sintetizado no quadro 4. Mesmo na categoria de riscos ambientais, cuja origem decorre da ação de fenômenos naturais, os grupos sociais assumem papel relevante, posto que as atividades humanas e a ocupação do território podem agravá-los. Portanto, o risco é sempre um objeto social, seja pela percepção individual ou coletiva daqueles que lidam com seus efeitos ou pela atuação desses mesmos grupos na intensificação ou atenuação de seus impactos.

Tipologia para riscos	
Tipo de risco	Definição e características
Riscos ambientais (naturais)	Originam-se a partir da ação de um processo natural pertencente à dinâmica terrestre (litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera) que escapa à intervenção antrópica. Contudo, as atividades humanas e a ocupação do território podem agravar esse tipo de risco.
Riscos industriais e tecnológicos	Relativos ao processo de produção e acidentes ocasionais (agudos) ou recorrentes (crônicos) associados. Os riscos industriais e tecnológicos requerem uma análise socioeconômica, uma abordagem espacial e uma dimensão ambiental, já que seus efeitos afetam também os solos, o ar e a água.
Riscos econômicos, geopolíticos e sociais	O risco econômico se refere à disputa por acesso a determinados recursos (petróleo, água) que pode gerar conflitos, à insegurança alimentar e a crises econômicas. O risco geopolítico assumiu uma posição de destaque nas grandes crises nos anos 1960, notadamente a dos mísseis em Cuba, o acidente de Three Miles Island (1979) e a catástrofe de Chernobyl (1986). Os riscos sociais se referem à insegurança, violência e à saúde (risco de doenças).

Quadro 4

Tipologia para riscos

Fonte: Veyret e Richemond (2007)

Conforme apresentado nas definições acima, além do perigo (ameaça), uma importante componente do risco é a vulnerabilidade do sistema envolvido. A vulnerabilidade advém de aspectos geofísicos – relevo, rocha, solo, vegetação, clima; mas principalmente humanos – educação, renda, cultura, tecnologia, política, gestão; presentes no grupo ou espaço afetado.

Para Almeida (2010, p. 102) a emergência da ciência da vulnerabilidade se deu na década de 1980, com “o crescimento das desigualdades sociais, da pobreza, da segregação socioespacial advinda com o trinômio capitalismo – industrialização – urbanização, em correlação com a consequente degradação do ambiente”. Essa nova abordagem teórico-metodológica passou a analisar a vulnerabilidade a desastres para além dos fatores físicos desencadeantes. Antes, até os anos 1970, as pesquisas se dedicavam ao enfoque dos *natural hazards* (ameaças ou perigos naturais).

Almeida (2010) destaca a dificuldade de estabelecimento de uma definição consensual de vulnerabilidade, fato que se justifica pelo amplo debate existente sobre o significado do termo. A variedade de conceitos de vulnerabilidade, que permeiam as dimensões cultural, social, econômica, ecológica, tecnológica, ambiental, psicológica, entre outras, resultam da complexidade da realidade analisada e da presença de diferentes orientações epistemológicas e metodológicas.

Brooks (2003) afirma que as definições de vulnerabilidade encontradas na literatura sobre mudanças climáticas costumam se concentrar em duas categorias:

1) em termos de quantidade (ou potencial) de prejuízo causado a um sistema em função de um evento ou fenômeno (*hazard*); ou 2) como um estado interno de um sistema que existe antes dele se deparar com uma ameaça (*hazard*). Na primeira categoria, encontram-se as definições que se voltam à avaliação dos eventos e seus impactos. Nessa abordagem, o papel dos grupos humanos na mediação dos resultados dos impactos dos eventos extremos é minimizada ou negligenciada e a vulnerabilidade é determinada pela natureza física dos eventos, a probabilidade ou frequência de sua ocorrência, o grau de exposição humana e a sensibilidade do sistema para seus impactos. Esta é costumeiramente denominada como vulnerabilidade física.

A outra abordagem – na qual a vulnerabilidade é entendida como um estado interno de um sistema que existe independente dos perigos externos – se baseia nos fatores estruturais que fazem sociedades e comunidades mais ou menos suscetíveis a danos causados por perigos externos. Trata-se da vulnerabilidade social determinada por fatores como a pobreza, desigualdade, marginalização, acesso à alimentação, segurança e habitação, por exemplo. (BROOKS, 2003)

Atualmente, a vulnerabilidade social é utilizada num sentido mais amplo que engloba todas as propriedades de um sistema que determinam o resultado de um evento. Ou seja, essa nova interpretação de vulnerabilidade social considera inclusive elementos do meio físico e como eles se relacionam com os sistemas humanos. Assim, a forma como uma sociedade apropria e se relaciona com seus recursos ambientais está diretamente relacionada à sua vulnerabilidade perante os eventos extremos.

A *International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR, 2004) define vulnerabilidade como o conjunto de condições e processos resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a susceptibilidade de uma comunidade aos impactos dos riscos. Os fatores físicos abrangem susceptibilidades do ambiente construído; os fatores sociais estão relacionados a questões como nível de alfabetização, educação, segurança, acesso aos direitos humanos e à justiça social; os fatores econômicos incluem a estabilidade da moeda, controle da inflação, nível de endividamento e acesso ao crédito; e os fatores ambientais se referem a disponibilidade de recursos naturais e à degradação do ambiente.

Bogardi *et al.* (2005) definem vulnerabilidade como a combinação de condições de uma comunidade, sistema ou processo que os torna mais propensos

(ou predispostos) aos impactos de eventos externos. Essa definição é semelhante àquela presente no relatório SREX (IPCC, 2012), que concebe vulnerabilidade como a propensão ou predisposição de ser afetado negativamente por um evento. Essa é uma condição interna do sistema atingido que varia em função de características sociais, econômicas, políticas, culturais, institucionais, dos recursos e condições ambientais e seus processos. Desse modo, eventos climáticos extremos semelhantes nem sempre produzem impactos idênticos em diferentes regiões do Planeta.

Atualmente, um dos maiores desafios da operacionalização do conceito de vulnerabilidade é o estabelecimento de metodologias para a sua mensuração, conforme destaca Almeida (2010). A identificação e mensuração dos riscos e vulnerabilidades em um sistema são o primeiro passo para a implantação de práticas de gestão eficientes que priorizem a redução do risco, vulnerabilidade e exposição aos desastres.

A exposição se traduz pela presença de pessoas, meios de subsistência, infraestruturas, serviços, recursos ambientais e ativos econômicos, sociais e culturais em lugares que poderiam ser afetados negativamente com a ocorrência de um evento (SREX – IPCC, 2012). Brooks (2003) afirma que a exposição resulta de como e onde as populações escolhem (ou são obrigadas) a viver, como constroem seus assentamentos, comunidades e meios de subsistência.

Existem inúmeras propostas metodológicas para mensuração da vulnerabilidade, seja para sistemas naturais ou para sistemas humanos e o Índice de Vulnerabilidade à Mudança Climática da Maplecroft constitui um bom exemplo. Esse índice identifica o risco climático de populações, negócios e governos para os próximos 30 anos numa resolução espacial de 22 km² para a superfície terrestre. Ele avalia três grupos de fatores: 1) exposição ao eventos extremos, incluindo elevação do nível do mar e futuras mudanças na temperatura, chuvas e umidade; 2) sensibilidade de populações, em termos de saúde, educação, dependência da agricultura e infraestrutura disponível; e 3) a capacidade adaptativa dos países em combater os impactos da mudança climática, fatores econômicos, recursos de segurança e a efetividade do governo. Os países considerados mais vulneráveis à mudança climática segundo este índice estão na África subsaariana e no Sudeste Asiático (figura 6).

Climate Change Vulnerability Index 2014

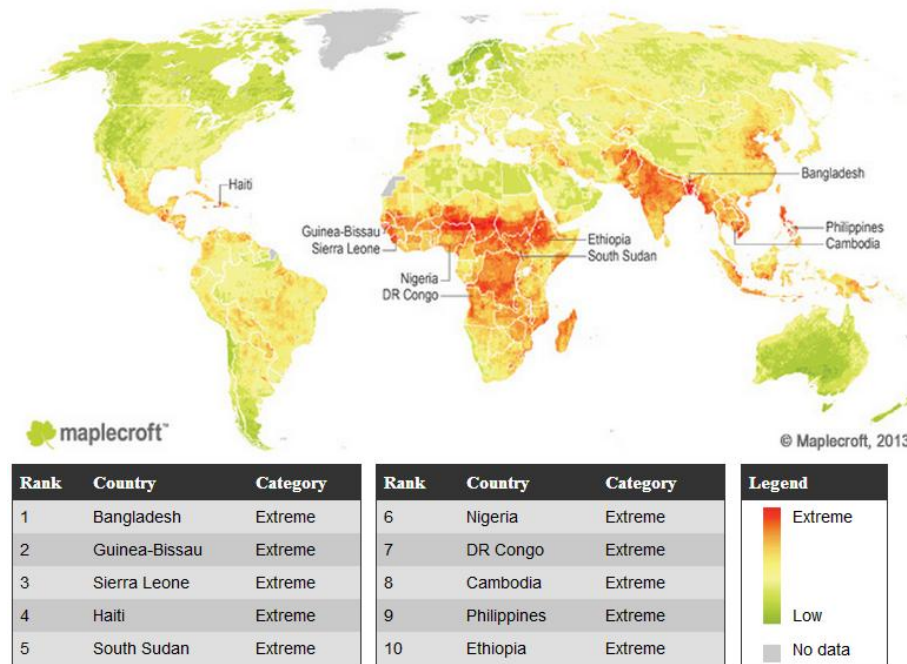


Figura 6
Índice de vulnerabilidade à mudança climática - 2014
Fonte: Maplecroft (2013)

No âmbito desta pesquisa, o risco é entendido como prejuízos ou perdas prováveis a um sistema social em função de sua vulnerabilidade – estado interno que traduz a propensão desse sistema a ser afetado negativamente por eventos extremos. Os principais riscos e impactos associados a eventos hidrometeorológicos extremos (enchentes e inundações) em Rondônia serão apresentados no capítulo 4.

1.4 Desastres naturais

Os resultados negativos de um evento extremo sobre um sistema social constituem os desastres. Segundo definição do *Emergency Events Database* (EM-DAT), o desastre é uma situação ou evento que requer assistência nacional ou internacional para superá-lo.

Para o EM-DAT o desastre ocorre em função de um evento súbito, não previsto, que causa grandes danos, destruição e sofrimento à sociedade. Tais eventos também podem ser causados pelo homem, por meio de guerras, por exemplo. O EM-DAT classifica os desastres em naturais, tecnológicos e complexos a partir da presença de pelo menos um dos seguintes critérios: a) 10 ou mais óbitos;

b) 100 ou mais pessoas afetadas; c) declaração de estado de emergência; ou d) pedido de auxílio internacional.

O SREX (IPCC, 2012) entende desastre como conjunto de alterações severas no funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade pela atuação de perigos interagindo com condições sociais vulneráveis, que produzem efeitos adversos de ordem humana, material, econômica e ambiental que requerem resposta emergencial e imediata (muitas vezes externa) para recuperação das necessidades humanas básicas.

Kobiyama *et al.* (2006) definem desastres naturais como danos (materiais e humanos e prejuízos (socioeconômicos) resultantes da ação de fenômenos naturais extremos sobre áreas povoadas pelo homem. Marcelino (2007) afirma que os desastres somente ocorrem quando os danos e prejuízos causados por fenômenos naturais forem extensivos e de difícil superação pela sociedade envolvida: “se não gerar danos ou seguir sua trajetória por áreas não ocupadas, o fenômeno volta a ser considerado como um evento natural.” (p. 5).

Marcelino (2007) propõe um esquema (figura 7) que mostra como eventos extremos atuam na geração de desastres sobre um sistema social. A ilustração evidencia duas situações distintas onde um mesmo evento ocorre. A primeira, na qual a presença de riscos (nesse caso usado como sinônimo de perigo) sobre um sistema social promove a ocorrência do desastre; e a outra, em que o evento atinge um ambiente natural, onde a ausência de riscos impossibilita a catástrofe.

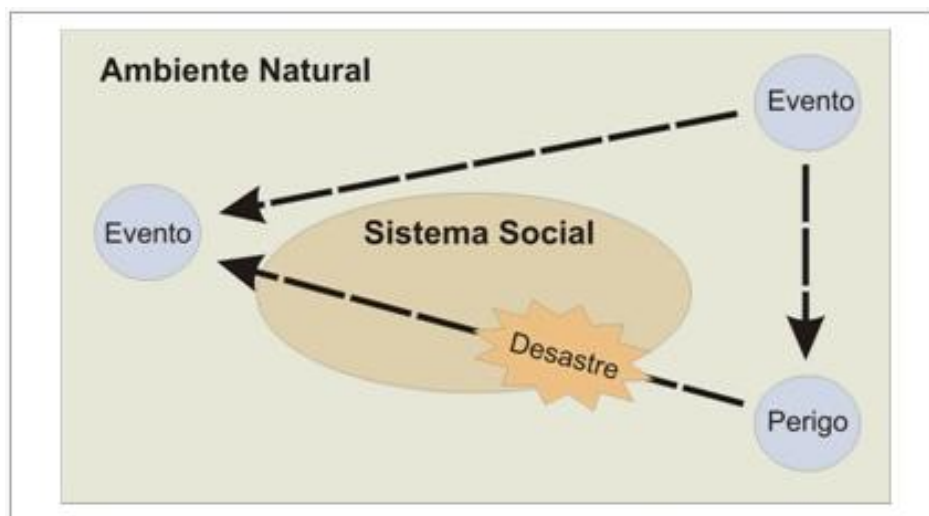


Figura 7
Esquema sobre desastres naturais
Fonte: Marcelino (2007)

No Brasil, a Defesa Civil, classifica desastres como naturais, humanos e mistos. Os desastres naturais se originam de eventos naturais extremos sobre uma região ou área povoada pelo homem. Tais eventos podem ser relacionados à geodinâmica terrestre externa (climáticos), interna (sísmicos) ou a processos biológicos (pragas animais ou vegetais). Os desastres humanos, por sua vez, são aqueles cuja origem decorre de ações do homem, como acidentes de trânsito, incêndios industriais, contaminação de rios, guerras, etc. (CASTRO, 2003).¹²

A partir de dados incluídos no EM-DAT, Marcelino (2007) analisou a ocorrência de desastres naturais por tipo e continente no mundo e também no Brasil no período de 1900-2006. Dentre os diversos tipos de desastres classificados destacam-se aqueles causados por inundações, escorregamentos, granizo, furacões, tornados, vendavais, ressaca, estiagens, secas, geadas, incêndios florestais.

Os dados mostram que mais de 70 % do total de desastres ocorreram em países em desenvolvimento e que os continentes asiático e americano lideram os registros, o que evidencia a vulnerabilidade e exposição dessas regiões. Em todo o mundo, os desastres naturais mais frequentes são causados por inundações (35 % do total) e tempestades (31 %). Nesta categoria estão incluídos furacões, tornados e vendavais. Portanto, segundo os dados do EM-DAT, cerca de 66 % dos desastres naturais que ocorreram no mundo ao longo do século XX têm sua gênese derivada de fenômenos e processos atmosféricos.

No Brasil, mais de 80 % dos desastres ocorridos no século XX estão ligados a instabilidades atmosféricas severas, sendo as inundações (59 %), escorregamentos (14 %), tempestades e secas (10 % cada), os tipos de desastres mais frequentes. Na distribuição espacial por regiões, o Sudeste lidera o número de ocorrências, com 40 % do total, seguida pelo Nordeste (32 %) e o Sul (23 %) (MARCELINO, 2007), o que denota a presença do risco na região mais populosa e povoada do Brasil.

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (BRASIL, 2012), o número de registros de desastres naturais no Brasil aumentou entre as décadas de 1990 (8.671 registros) e 2000 (23.238), no entanto, os dados não permitem concluir que

¹² É interessante notar que essa tipologia é semelhante à de riscos proposta por Rebelo (2003).

houve um efetivo crescimento nas ocorrências, pois historicamente existem fragilidades no banco de dados da Defesa Civil brasileira.

No período 1991-2010, os tipos de desastres mais recorrentes no país foram estiagens/secas (53 %), inundação brusca e alagamento (21 %) e inundação gradual (12 %). Os movimentos de massa (escorregamentos) apresentaram maior aumento no período (+21,7 %). As regiões Nordeste (40 %), Sul (34 %) e Sudeste (20 %) concentraram as ocorrências de desastres no Brasil.

No que se refere ao total de pessoas afetadas por desastres naturais no país entre 1991-2010, as estiagens/secas se destacam, seguidas pelas inundações bruscas e graduais. Contudo, os eventos que mais produziram mortes no período foram inundações bruscas, movimentos de massa e inundações graduais, nesta ordem. A distribuição espacial dos desastres no território brasileiro destaca as regiões Sudeste, com o maior número de mortos, e o Nordeste, com o maior número de atingidos. O Norte do Brasil foi a região com o menor número de afetados e o segundo menor número de mortos, fato que pode ser atribuído à menor densidade demográfica dessa região.

Por tipologia de desastre, estiagens/secas ocorreram com maior frequência no Nordeste do Brasil (59,3 %), sobretudo entre os meses de março e maio. Já as regiões Norte (1,2 %) e Centro-Oeste (1,0 %) apresentaram os menores percentuais de registros de desastres dessa origem.

Desastres relacionados a inundações bruscas e alagamentos ocorreram em maior número nas regiões Sul (36,5 %), Sudeste (30,0 %) e Nordeste (24,5 %), especialmente nos meses de janeiro e fevereiro, o que evidencia sazonalidade na ocorrência desses fenômenos. No Sudeste foram contabilizadas 543 mortes em função desse tipo de episódio. Desastres decorrentes de inundações graduais também ocorreram com maior frequência nessas regiões.

Vendavais e ciclones ocorrem com maior frequência no Sul do Brasil entre os meses de setembro e novembro. A região também se destaca no que se refere a desastres naturais relacionados à ocorrência de tornados (92,6 % do total das ocorrências); a desastres decorrentes de precipitação de granizo (entre setembro e outubro); e a desastres relacionados a geadas (entre julho e setembro).

Já desastres em consequência de incêndios florestais tiveram maior destaque no Norte do Brasil (64,2 % do total). Tais episódios ocorreram com mais frequência nos meses de setembro e agosto. Os anos de 1998 e 2010 foram

aqueles que apresentaram mais registros, o que provavelmente se deve às secas observadas nesses anos na região amazônica.

Os movimentos de massa ocorreram com mais frequência na região Sudeste do Brasil (81,7 % do total) entre dezembro e fevereiro. Esse tipo de desastre causou em torno de 500 mortes somente nessa região ao longo do período de análise.

Erosão fluvial, com destaque na região Norte, erosão linear, na região Centro-Oeste e erosão marinha, ao longo do litoral do Nordeste e Sudeste, encerram a lista dos 12 tipos de desastres apresentados pelo Atlas. Esses eventos apresentaram pouca expressão no território brasileiro, seja em número de ocorrências ou de população afetada.

A ocorrência de eventos climáticos extremos é natural e inevitável, contudo, a capacidade de uma sociedade em estabelecer estratégias, políticas e medidas para diminuir os riscos contribui para a prevenção de desastres e redução de seus danos e prejuízos. A prevenção de desastres deve ser realizada antes, durante e depois de um evento adverso, por meio de medidas estruturais e não-estruturais (KOBAYAMA *et al.*, 2004). As medidas estruturais consistem em obras de engenharia, como construção de diques, barragens, etc. Já as não estruturais envolvem ações de planejamento e gerenciamento ambiental. O conjunto dessas medidas é denominado como Ciclo de Gerenciamento de Desastres Naturais (NETO, 2000).

A “Gestão do Risco de Desastres” (SREX, 2012) por um sistema social deve visar aumentar a segurança humana, o bem-estar, a qualidade de vida, o desenvolvimento sustentável e a resiliência frente a eventos adversos. A resiliência representa a habilidade de um sistema e seus componentes de antecipar, absorver, acomodar e se recuperar dos efeitos de eventos extremos de maneira eficiente, assegurando a preservação, restauração ou melhoria de suas estruturas e funções básicas essenciais. Para Pelling (2003) a resiliência pode ser entendida como a habilidade de um ator em enfrentar, lidar ou fazer face à ocorrência de um perigo.

O IPCC propõe a seguinte chave esquemática para a compreensão do risco climático a desastres (figura 8):

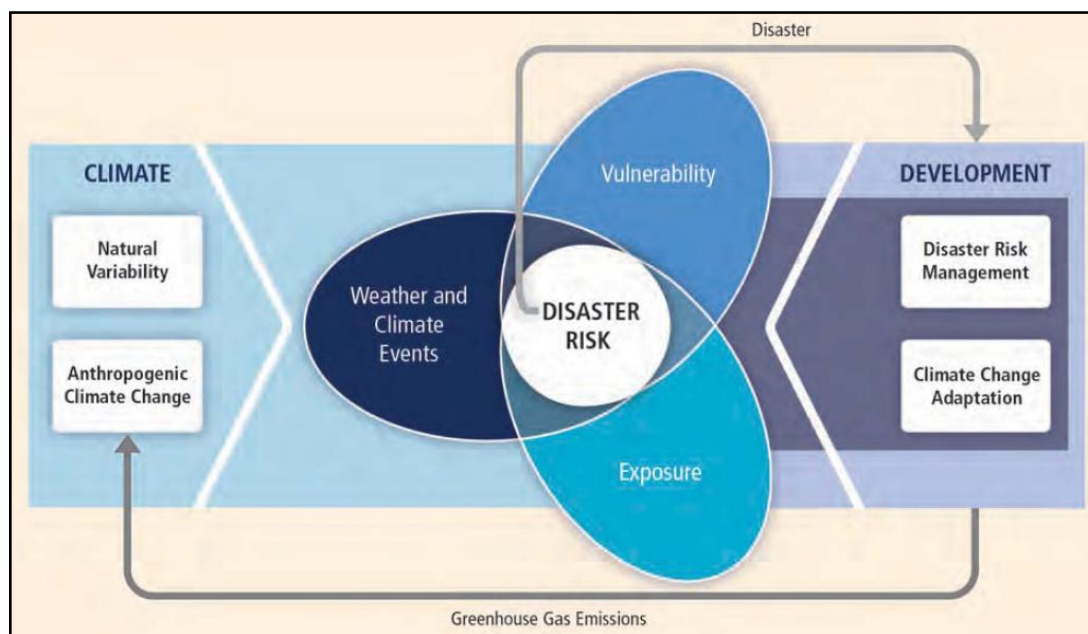


Figura 8
Chave esquemática sobre o risco climático
Fonte: SREX (2012)

Conforme sugere o esquema, o risco a desastres é função da 1) vulnerabilidade, 2) exposição e 3) das características do evento climático. Enquanto os dois primeiros estão diretamente relacionados ao desenvolvimento de estratégias sociais de enfrentamento, gerenciamento de risco e adaptabilidade à mudança climática; os eventos climáticos resultam da variabilidade natural do clima ou mesmo de mudanças climáticas decorrentes das crescentes emissões de gases de efeito estufa de origem antrópica.

O enfoque dessa pesquisa são os desastres naturais de origem pluvial, isto é, aqueles deflagrados por eventos hidrometeorológicos extremos, como o que acometeu o estado de Rondônia no ano de 2014. Nessa perspectiva, o desastre decorre de enchentes, inundações ou alagamentos desencadeados por eventos pluviais extremos sobre sociedades e territórios cuja presença de riscos e vulnerabilidades é expressiva. O próximo item deste capítulo apresenta as principais características desse tipo de desastre.

1.4.1 Desastres naturais de origem pluvial

Os desastres naturais de origem pluvial decorrem de eventos pluviais extremos em suas mais diversas escalas têmporo-espaciais. No Brasil, a Defesa Civil diferencia os seguintes tipos de desastres dessa natureza: 1) enchentes e

inundações graduais; 2) enxurradas e inundações bruscas; 3) alagamentos; e 4) inundações litorâneas.

Tal como com os conceitos de risco, perigo e vulnerabilidade, as definições dessas diferentes tipologias de desastres são confusas e até mesmo contraditórias. Popularmente, conceitos cientificamente distintos como enchente (cheia), inundação e alagamento são utilizados de forma indiscriminada.

Enchentes e inundações também são denominadas como eventos hidrometeorológicos extremos. Esses eventos decorrem da atuação de sistemas atmosféricos responsáveis por chuvas intensas que resultam em impactos hidrológicos importantes, como o aumento gradual ou repentino do nível e vazão de rios (MARENGO *et al.*, 2006). Tais eventos são os principais causadores de desastres naturais (MONTEIRO, 1991).

Segundo Kobiyama *et al.* (2006), enchente (ou cheia) é o aumento do nível dos rios, além de sua vazão normal, porém sem transbordamento de suas águas para áreas adjacentes. A inundação representa o extravasamento das águas do rio sobre a planície de inundação (além de seu leito). Em locais onde essas áreas são ocupadas pelo homem, as inundações costumam causar grandes prejuízos. Os alagamentos, por sua vez, constituem o acúmulo de água em superfície por consequência de sistemas de drenagem deficientes quando da ocorrência de eventos pluviais intensos (figura 9).

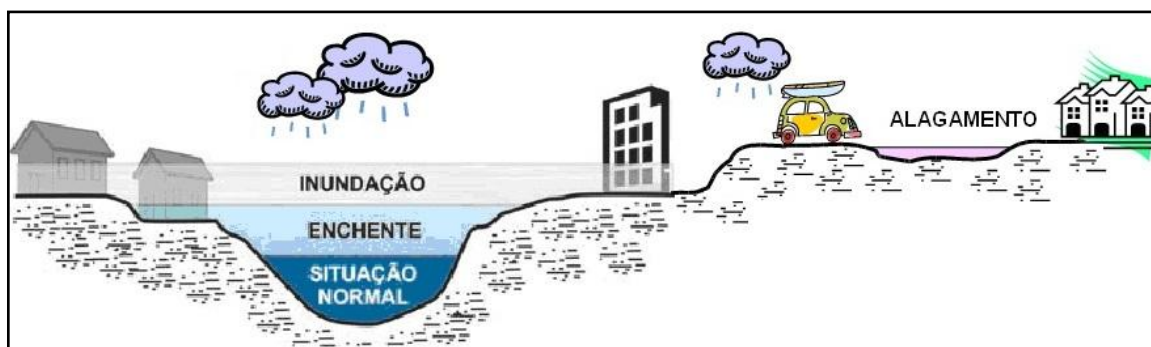


Figura 9
Enchente, inundação e alagamento
Fonte: Defesa Civil

A Defesa Civil classifica enchentes e inundações conforme seu padrão evolutivo – graduais ou bruscas, e quanto à sua magnitude – excepcionais, de grande magnitude, normais/regulares ou de pequena magnitude.

As enchentes e inundações graduais ocorrem de forma mais lenta e previsível, pois fazem parte do comportamento sazonal da vazão do rio. São mais

comuns em rios de grande porte, com vales abertos, como o Amazonas, Nilo e Mississipi, por exemplo, e seus impactos atingem áreas extensas.

Já as enchentes e inundações bruscas, popularmente conhecidas como enxurradas, ocorrem em função de chuvas intensas sobre regiões de relevo mais movimentado, com rios em vales encaixados (em V). Esses eventos repentinos favorecem rápida elevação do nível do rio e vazões mais rápidas em curto tempo (maior pico de vazão), o que resulta em impactos mais violentos e destrutivos. Os impactos desses eventos estão associados à ocupação e impermeabilização do solo nas planícies de inundação:

Quando se constroem estradas, casas, prédios e outras edificações, ocorre um processo de impermeabilização do solo, isto é, acaba-se “cobrindo” o solo com cimento e asfalto. Impedindo desta forma que as águas das chuvas sejam absorvidas pelo solo. Neste caso, as águas escoam diretamente para os rios aumentando rapidamente seu nível. Os desmatamentos também aumentam o escoamento superficial e aceleram o processo de perda de solo, resultando no assoreamento dos cursos d’água. Já o lixo, entope os bueiros, canais e tubulações que levariam as águas pluviais diretamente para o rio, alagando áreas que normalmente não eram invadidas pelas águas. Na própria calha do rio, o lixo também pode funcionar como uma represa, proporcionando o rápido aumento do seu nível. (KOBİYAMA *et al.*, 2006, p. 49)

Amaral e Ribeiro (2009) destacam que a probabilidade e a ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos resultam de uma combinação de condicionantes ou fatores naturais (geofísicos) e antrópicos, os quais foram sintetizados no quadro 5 abaixo. O entendimento desses fatores permite “compreender a dinâmica do escoamento da água nas bacias hidrográficas (vazão), de acordo com o regime de chuvas conhecido.” (AMARAL e RIBEIRO, 2009, p. 45)

Condicionantes para a ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos	
Naturais	Antrópicos
Características geomorfológicas da bacia (tipo de vale)	Uso e ocupação do solo na bacia, especialmente nas planícies e margens dos cursos d’água
Características da rede de drenagem da bacia	Alteração nas características dos cursos d’água (vazão), por intervenções como a canalização e a retificação
Intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas	Disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d’água
Composição das rochas, solo e tipo de cobertura vegetal	Presença de processos erosivos e de assoreamento dos cursos d’água.

Quadro 5

Condicionantes para a ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos
Fonte: Adaptado de Amaral e Ribeiro (2009)

No que se refere aos condicionantes antrópicos, Amaral e Ribeiro (2009) coincidem com Kobiyama *et al.* (2006) e destacam o problema da ocupação das

planícies de inundação, além de outras práticas e intervenções humanas que agravam esses eventos:

A planície de inundação, também denominada várzea, é uma área que periodicamente será atingida pelo transbordamento dos cursos d'água, constituindo, portanto, uma área inadequada à ocupação (...) A disposição inadequada de lixo e entulho nas proximidades dos cursos d' águas acentua esses problemas. A impermeabilização dos solos pelo asfalto impede a infiltração e é responsável pelo aumento da velocidade do escoamento superficial. As retificações, as canalizações e o assoreamento também alteram a dinâmica da vazão dos cursos d'água. Com a eliminação dos meandros (curvas) existentes em alguns cursos d' água, que reduzem gradualmente a velocidade da água, ocorre a concentração do fluxo em pouco tempo, e gera as chamadas 'inundações relâmpagos'" (AMARAL e RIBEIRO, 2009, p. 45-46)

Os desastres associados a enchentes, inundações e alagamentos resultam em danos materiais e humanos, a exemplo da destruição de habitações e cultivos; mortes por afogamento (de humanos e animais); comprometimento de serviços essenciais, como saneamento básico, distribuição de energia elétrica, transportes, comunicações; intensificação de acidentes por animais peçonhentos; disseminação de doenças veiculadas pela água e alimentos contaminados (diarréias e hepatite, por exemplo); além da ocorrência de infecções respiratórias agudas.

Outro tipo de desastre de origem pluvial, cuja ocorrência se dá em áreas costeiras, são as inundações litorâneas (CASTRO, 2003). Elas ocorrem pela repentina invasão do mar por consequência de sua agitação pelo vento, tempestades, ciclones tropicais (furacões), trombas d'água, tsunamis e ressacas. Esses desastres podem produzir danos humanos e materiais, prejuízos econômicos e sociais muito intensos.

Por outro lado, a escassez de chuva também pode desencadear desastres como: 1) estiagens; 2) secas; 3) queda intensa da umidade relativa do ar; e 4) incêndios florestais (CASTRO, 2003). Esses eventos resultam da redução, atraso ou ausência de chuvas durante determinados períodos. A principal referência utilizada para determinar a ocorrência desse tipo de anomalia pluvial é a normal climatológica da localidade.

A diferença entre seca e estiagem diz respeito à sua duração e intensidade, maiores naquela. Os principais prejuízos associados a esses desastres ocorrem na agricultura e pecuária em função do comprometimento das reservas hidrológicas locais. A falta de chuva afeta o abastecimento de água e a produção de energia

elétrica; reduz a umidade relativa do ar e facilita a propagação do fogo em áreas florestais (incêndios), causa prejuízos à saúde humana e à biodiversidade.

1.5 Riscos e impactos associados a eventos pluviais extremos na Amazônia

Segundo o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (BRASIL, 2012), os dois principais tipos de desastres naturais que acometem o Norte do Brasil decorrem de eventos hidrometeorológicos extremos e estiagens severas. Períodos excepcionalmente chuvosos costumam causar grandes enchentes e inundações que afetam ribeirinhos e populações urbanas. Tais eventos resultam em prejuízos à economia, habitação e, sobretudo, à saúde da população, altamente vulnerável a ocorrência de doenças pela incipiência do saneamento básico na região. Durante as secas, os principais riscos estão relacionados ao transporte, já que a população utiliza rios como hidrovias, ao acesso à água potável e às atividades de pesca e agricultura¹³.

Borma *et al.* (2013) discutem os impactos de secas e cheias sobre as populações amazônicas. Segundo estes autores, apesar de todos os seus impactos, de modo geral, para os ribeirinhos, altamente dependentes da sazonalidade dos rios, os períodos de seca representam abundância de alimentos. Isso se deve à liberação de terras para plantio de produtos que fazem parte de sua dieta – como a mandioca, feijão, arroz, milho, jerimum e hortaliças em geral – e eventualmente criação de bovinos. Nessa época, por estarem confinados em menor volume de água, os peixes – principal item da dieta amazônica – se tornam mais vulneráveis à captura por meio da pesca.

Os períodos de cheia representam maior dificuldade para as comunidades ribeirinhas. Isso ocorre pelas inundações de grandes porções de terra, o que provoca danos às suas moradias e compromete a prática da agricultura e pecuária. A pesca também se torna mais difícil pela dispersão dos peixes nas áreas alagadas durante o período de desova de muitas espécies. Nessa época, muitas famílias se veem obrigadas a deixar suas casas. Contudo, a cheia também representa o período de renovação da fertilidade de terras pela deposição de nutrientes nas áreas alagadas pelos rios (BORMA *et al.*, 2013).

¹³ Nessas latitudes, a seca ocorre quase sempre acompanhada por ondas de calor, o que agrava o problema da seca.

Assim, por mais contraditório que pareça se, por um lado, a seca dificulta o transporte fluvial, o que eleva os custos dos fretes de alimentos industrializados e combustíveis, por outro, favorece a produção local de itens *in natura* da dieta amazônica, o que reduz o custo da cesta básica. A época de cheia, por sua vez, conduz a escassez de alimentos e aumento dos preços.

Segundo relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN) da Defesa Civil do Amazonas publicados desde 1982 e consultados por Borma *et al.* (2013) foram registrados danos causados por enchentes em 1982, 1989, 1993, 1994, 1997, 2002 e de 2005 a 2010. Danos causados pela seca foram observados em 2005, 2006, 2009 e 2010.¹⁴

A seca de 2005, por exemplo, produziu impactos expressivos em alguns dos principais rios da região, como o Solimões e o Madeira. O nível desses rios atingiu os menores valores observados em toda a sua história e a navegação ficou comprometida. A fauna aquática e a pesca, atividade que constitui principal meio de subsistência para parte da população local, foram afetadas. A seca severa e prolongada produziu consequências sobre todo o bioma, pois aumentou sua vulnerabilidade ao fogo, o que resultou na mortandade de milhares de árvores. A densa fumaça resultante dos incêndios florestais permaneceu por vários dias sobre a região, repercutindo no funcionamento de aeroportos e estradas e na saúde da população. A seca de 2005 comprometeu o abastecimento de alimentos, água e combustíveis a milhares de pessoas, posto que as redes de transporte foram atingidas. Houve aumento dos preços em toda a cadeia produtiva e até mesmo a geração de energia elétrica ficou prejudicada (MARENGO *et al.*, 2011).

Os principais efeitos da seca de 2010 – quando o nível do rio Negro em Manaus baixou para 13,63 metros¹⁵ - atingiram a atividade pesqueira e o abastecimento de água à população, que ficaram comprometidos em função dos baixos níveis dos rios. Marengo *et al.* (2011, p. 24) destacam que, segundo a imprensa local, “a produção pesqueira, que normalmente é de cerca de 10 toneladas/mês, caiu para 1 tonelada/mês em razão da seca.”. Os impactos da seca desse ano foram catalogados como os piores de toda a história, com isolamento de milhares de pessoas em comunidades ribeirinhas.

¹⁴ No item 2.5 do capítulo seguinte será apresentado um panorama histórico da ocorrência de eventos pluviais extremos (secas e cheias) na Amazônia, com enfoque nos aspectos climatológicos.

¹⁵ Este valor, registrado em 24 de outubro de 2010, é inferior ao recorde histórico registrado anteriormente nesse local de medição: 13,64 metros em 1963.

Franca (2013) relacionou alguns dos efeitos da seca de 2010 na região de Porto Velho (RO): aumento excepcional no número de incêndios florestais, deterioração da qualidade do ar pelo acúmulo de fumaça proveniente das queimadas, comprometimento do acesso à água potável pela população, fechamento de aeroportos e acidentes fatais em estradas pela baixa visibilidade atmosférica, além de impactos à saúde humana – como o aumento de crianças atendidas em hospitais e ambulatórios por casos de bronquite, asma, pneumonia e rinite. O transporte fluvial – importante meio de circulação na região – também foi comprometido pelo baixo nível do rio Madeira, o que refletiu nos preços de bens industrializados produzidos em outras regiões do Brasil.

Em julho de 2009, as enchentes que ocorreram na Amazônia brasileira desalojaram e desabrigaram milhares de pessoas em toda a região. A elevação do nível das águas causou impactos sobre a vida, a saúde e a economia das comunidades ribeirinhas e de grandes cidades como Manaus. Marengo *et al.* (2011) relatam graves problemas de saúde pública, como a ocorrência de casos de leptospirose e demais doenças transmitidas pela água. Além disso, houve danos às redes de transportes e a biodiversidade foi afetada, com a provável extinção de muitas espécies em ponto crítico.

Portanto, alguns dos principais riscos e impactos socioeconômicos associados às enchentes e inundações na Amazônia são: 1) sociais – aumento da incidência de doenças transmitidas pela água e alimentos contaminados; crescimento do número de casos de acidentes por animais peçonhentos; interrupção no funcionamento de escolas, hospitais e outros serviços públicos; danos às moradias (população desabrigada, desalojada e deslocada); 2) econômicos – perdas e prejuízos nas atividades de pesca, agricultura, pecuária e subsistência, além do comércio e circulação (transportes em geral).

Durante as secas na região, destacam-se os seguintes riscos e impactos: 1) sociais – dificuldade de acesso à água potável; isolamento de comunidades ribeirinhas; aumento da incidência de infecções respiratórias agudas; 2) econômicos – perdas e prejuízos nas atividades de pesca, agricultura e pecuária; comprometimento do transporte fluvial. Os riscos mais frequentes associados a cheias e secas na Amazônia foram sintetizados no quadro 6 a seguir:

Amazônia: principais riscos associados a eventos pluviais extremos		
	Cheia	Seca
Nível dos rios	Aumento do nível dos rios: inundações e danos a comunidades ribeirinhas, cujas populações são desabrigadas e desalojadas. Comprometimento do transporte rodoviário pelas inundações.	Redução do nível dos rios: isolamento de comunidades ribeirinhas pelo comprometimento do transporte fluvial.
Saúde	Disseminação de doenças transmitidas pela água e alimentos contaminados. Aumento dos casos de acidentes por animais peçonhentos (jacarés e cobras, por exemplo).	Aumento da incidência de infecções do trato respiratório pela degradação da qualidade do ar (queimadas e incêndios); colapso fisiológico pelo calor e baixa umidade.
Pesca	Prejudicada pela dispersão e mortandade de peixes.	Alta mortandade de peixes pela elevação da temperatura e degradação da qualidade da água.
Acesso à água potável	Contaminação de poços pelo transbordamento de fossas.	Prejudicado pela redução do nível da água nos poços e incipiência do saneamento básico.
Agropecuária	Prejuízos por inundações de cultivos e pastagens.	Prejuízos pela escassez de água para irrigação.
Preços de itens da cesta básica	Alto pela interrupção das atividades de subsistência.	Inferior ao das cheias. Elevação dos preços de bens “importados”, como combustíveis.
Outros	Interrupção no funcionamento de escolas e outros serviços públicos. Alagamentos e deslizamentos de terra em encostas.	Fechamento de aeroportos e rodovias pela baixa visibilidade (fumaça).

Quadro 6

Amazônia: principais riscos associados a eventos pluviais extremos

Elaboração: FRANCA, R. R.

Para ambos os casos há que se considerar, ainda, riscos e impactos à fauna, flora e sistemas aquáticos (biodiversidade). Anderson *et al.* (2013) destacam como principais efeitos das secas nas florestas amazônicas a diminuição significativa do estoque de carbono e o aumento na mortalidade de árvores. Dentre as consequências sumarizadas por estes autores para os vegetais incluem-se: alteração no padrão temporal fenológico; diminuição na qualidade dos frutos produzidos; declínio no crescimento de troncos; aumento da respiração foliar no período sem luz; declínio da fotossíntese em algumas espécies; e atraso na floração.

Nepstad *et al.* (2007) realizaram um estudo para avaliar o impacto de uma seca experimental com duração de quatro anos sobre árvores altas e lianas na Floresta Nacional do Tapajós, no estado do Pará. Os resultados mostraram que houve diminuição no crescimento e aumento na mortalidade de árvores, sobretudo no grupo de espécies mais altas – aquelas mais expostas à luz solar durante o período seco. As espécies de menor porte, por sua vez, se beneficiaram do ambiente sombrio e úmido do interior da floresta e se adaptaram melhor à falta de

chuva por meio da obtenção de água disponível nas camadas mais profundas do solo. Contudo, de modo geral, houve modificações na composição e estoques de carbono e, sobretudo, na vulnerabilidade da floresta ao fogo.

Saleska *et al.* (2007) analisaram o impacto da seca sobre a fotossíntese em áreas não desmatadas e concluíram que não houve alterações importantes. Ao contrário do que poderia ser esperado, nessas áreas foi observado um ligeiro aumento – atribuído a maior luminosidade do período de seca e à capacidade dos vegetais em buscar água no subsolo. Os autores concluem: “*these observations suggest that intact Amazon forests may be more resilient than many ecosystem models assume, at least in response to short-term climatic anomalies.*” (p. 612). Contudo, eles ressaltam que secas como a de 2005 incrementam dramaticamente a vulnerabilidade da floresta ao fogo, bem como a mortandade de árvores.

Em Rondônia, cuja população total era de 1.562.409¹⁶ habitantes em 2010, conforme dados do IBGE, os riscos e impactos de eventos pluviais extremos não ocorrem de forma homogênea pelo estado. Com 52 municípios e duas grandes mesorregiões, algumas diferenças merecem ser destacadas (figura 10).

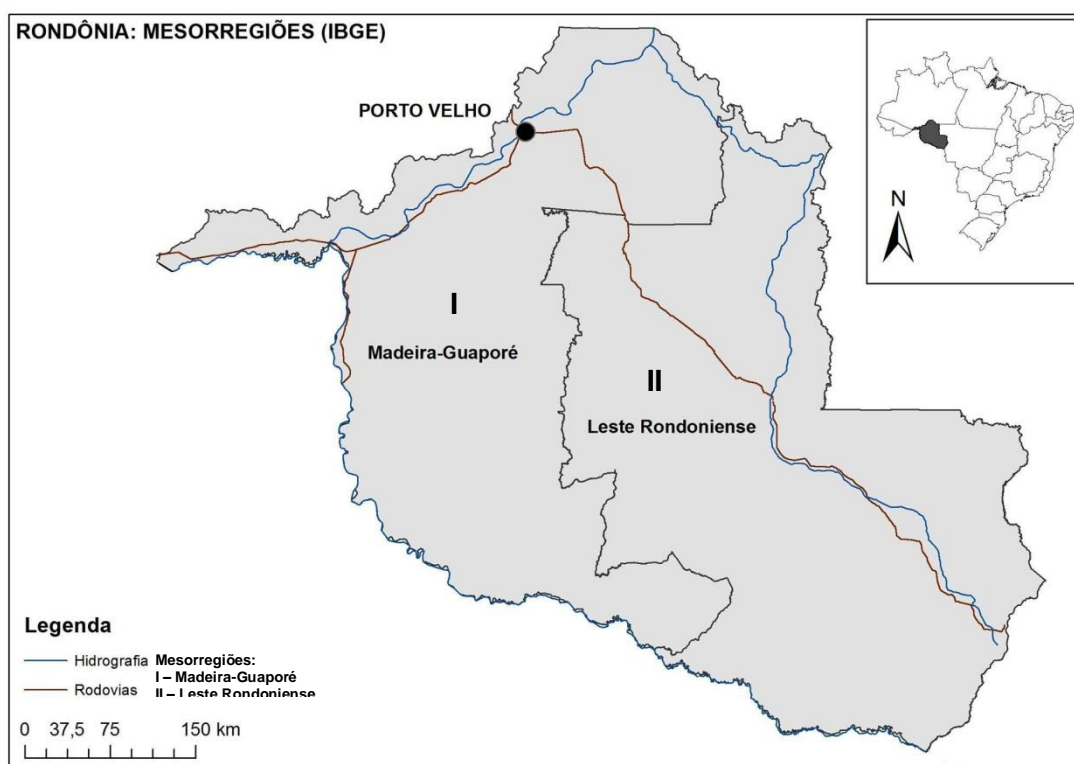


Figura 10
Rondônia: mesorregiões (IBGE)
Elaboração: FRANCA, R. R.

¹⁶ Dos quais 73,5 % em situação urbana e 26,5% em situação rural.

O Leste Rondoniense abrange as microrregiões de Alvorada D'Oeste, Ariquemes, Cacoal, Colorado do Oeste, Ji-Paraná e Vilhena, com total de 950.720 habitantes. Já a mesorregião Madeira-Guaporé, onde estão as microrregiões de Porto Velho e Guajará-Mirim, tem população de 611.689 pessoas. O município de Porto Velho, capital do estado, é o mais extenso e populoso de Rondônia, com 428.527 habitantes – sendo 91,1 % em situação urbana (IBGE, 2010).

Essas duas mesorregiões apresentam características muito distintas no que se refere ao desempenho econômico e estruturação da rede urbana. Enquanto a mesorregião Madeira-Guaporé, de ocupação mais antiga, se povoou em função dos rios e de atividades como o extrativismo vegetal e mineral, assim como pela construção da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré (EFMM) no início do século XX¹⁷, o Leste Rondoniense foi ocupado a partir da construção da BR-364 iniciada no Governo de Juscelino Kubitschek. Essa mesorregião atraiu migrantes do Sul e Sudeste do país que buscavam terras para a prática de atividades como agricultura e pecuária nos anos 1970. Mais tarde, essa ocupação possibilitou a constituição de uma densa rede urbana para os padrões do Norte do Brasil.

Por pertencer à porção mais amazônica do estado, com altitudes modestas e planícies extensas (figura 11), a mesorregião Madeira-Guaporé apresenta-se mais vulnerável à variação do nível dos rios. Na mesorregião do Leste Rondoniense, os riscos e impactos a períodos excepcionalmente secos e chuvosos se referem ao desempenho da agropecuária.

¹⁷ Atualmente desativada, a EFMM tem 366 quilômetros de extensão entre Guajará-Mirim e Porto Velho, cidades fundadas pela ocasião de sua construção. Suas obras foram executadas entre 1907 e 1912, com a finalidade de vencer o trecho encachoeirado do rio Madeira e assim escoar a produção de borracha da Bolívia até Porto Velho, de onde poderia seguir pelos rios até o Atlântico para exportação. A épica história de construção da chamada “Ferrovia do Diabo” é marcada pela morte de milhares de trabalhadores em decorrência de doenças tropicais como a malária. Após a conclusão das obras da ferrovia, a extração de borracha na Amazônia sofreu declínio pela concorrência do mercado asiático.

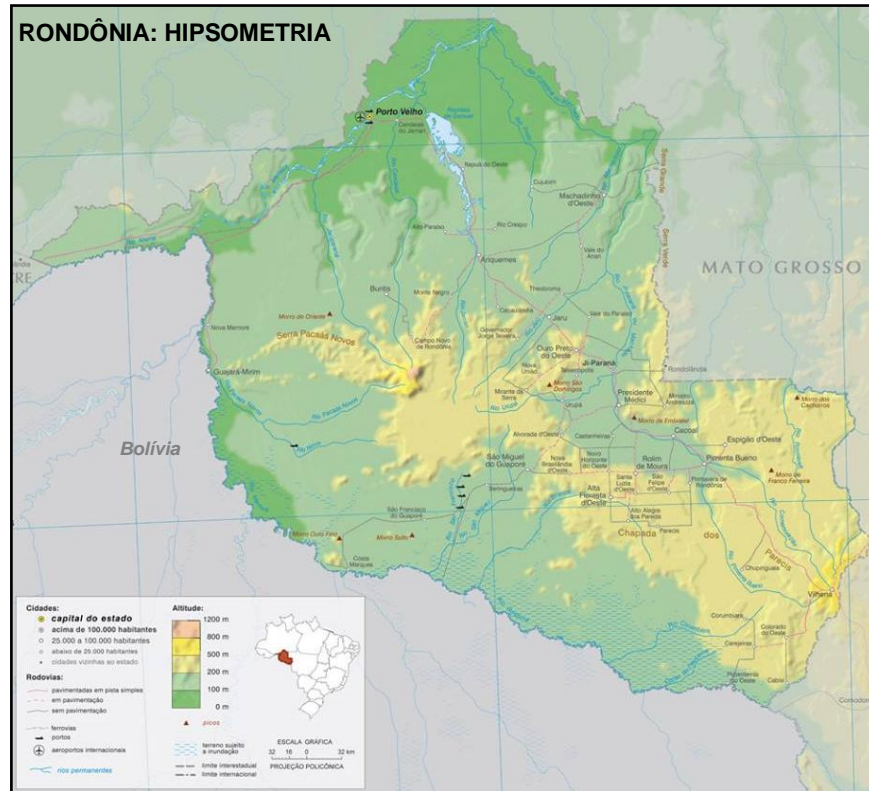


Figura 11
Rondônia: hipsometria
Fonte: Adaptado de InfoEscola

Contudo, o estado como um todo está sujeito à influência de eventos climáticos extremos originados sobre a Bolívia. Em anos de cheia, o aumento do nível de rios como o Madeira e o Mamoré ocorre muito em função das chuvas no país vizinho, onde estão seus principais afluentes andinos, como os rios Beni e Madre de Dios. Já em episódios de seca, como 2010, a fumaça produzida por queimadas e incêndios florestais na Bolívia costuma ser transportada até o interior de Rondônia com o auxílio da circulação atmosférica predominante na estação seca, caracterizada por ventos de sul.

Conforme apresentado neste capítulo, a vulnerabilidade e exposição da sociedade envolvida, além das características do evento climático (perigo), são componentes importantes do risco a desastres. A região amazônica apresenta certas particularidades naturais e socioeconômicas que a tornam suscetível a desastres desencadeados por eventos hidrometeorológicos extremos.

O próximo capítulo se dedica a elucidar algumas das particularidades relativas aos climas da Amazônia, especialmente no que se refere à pluviosidade como fenômeno climático, sua gênese, dinâmica, variabilidade e tendências sobre este recorte espacial.

2 PLUVIOSIDADE: GÊNESE, DINÂMICA, VARIABILIDADE E TENDÊNCIAS

Parte central do objeto de estudo dessa pesquisa se refere à pluviosidade na região da Amazônia Meridional. Embora circunstâncias acerca da ocorrência de desastres naturais tenham sido elucidadas no capítulo anterior, no qual a concepção de risco como constructo social recebeu destaque, aspectos físicos do perigo ou ameaça jamais poderiam ser negligenciados. Isto é, no caso dos desastres de origem pluvial, além da compreensão sobre a vulnerabilidade e exposição do grupo humano envolvido, é fundamental que se conheça a dinâmica pluvial regional – desencadeadora do processo. Assim sendo, este capítulo enfatizará a precipitação pluvial na região amazônica por meio da perspectiva atmosférica.

2.1 Pluviosidade: fatores, tipos de chuva e distribuição na Terra

O clima de uma localidade é resultado da interação entre diversos fatores dinâmicos e estáticos em diferentes escalas geográficas. Além da circulação geral e regional da atmosfera, que consiste na atuação de massas de ar, frentes e demais sistemas responsáveis pela produção do tempo e clima; aspectos relativos à topografia do terreno, altitude e uso e ocupação do solo apresentam-se como condicionantes relevantes na atenuação ou intensificação dos elementos climáticos.

A precipitação atmosférica, importante componente do ciclo hidrológico, constitui o principal mecanismo pelo qual ocorre o restabelecimento dos recursos hídricos na superfície terrestre (TUBELIS e NASCIMENTO, 1992). Dentre os diversos tipos de precipitação estão a chuva, a neve e o granizo. Nas latitudes tropicais, a chuva é o principal tipo de precipitação que pode ser do tipo convectivo, frontal ou orográfico.

As precipitações do tipo convectivo estão associadas a nuvens cumulus ou cumulonimbus formadas por intensos movimentos ascendentes do ar na troposfera terrestre. Tais movimentos verticais – de expansão e resfriamento adiabático¹⁸ – ocorrem em função da disponibilidade de energia, portanto, esse tipo de chuva é mais comum nas latitudes mais baixas da Terra. Essas nuvens apresentam amplo desenvolvimento vertical, com topo no alto da troposfera, onde podem apresentar

¹⁸ Esse processo permite que a parcela de ar em ascendência atinja seu ponto de saturação e, então, ocorra a condensação do vapor d'água sobre os chamados núcleos higroscópicos.

formação de granizo. As chuvas convectivas geralmente são rápidas, intensas e ocorrem no final da tarde, quase sempre acompanhadas por fortes descargas atmosféricas (raios e trovoadas) (AYOADE, 1983). Segundo Tucci (1997), um dos fatores que contribui para a formação dessas nuvens na região intertropical é o fraco vento horizontal, o que favorece os movimentos verticais convectivos.

O processo convectivo ocorre de forma mais efetiva sob condições de baixa pressão atmosférica, quando há instabilidade suficiente para que ocorra flutuabilidade (ascensão) das parcelas de ar. Ao se elevar e resfriar, a parcela de ar atinge a saturação e o vapor d'água condensa sobre superfícies sólidas (núcleos higroscópicos), formando gotículas de água. Posteriormente, essas pequenas gotas colidem entre si e formam gotas maiores e pesadas o suficiente para vencer a força da flutuabilidade, o que deflagra a precipitação. Assim, os mecanismos responsáveis pela formação dessas nuvens de chuva ocorrem em função do dinamismo da atmosfera.

As chuvas frontais se formam a partir do deslocamento de massas de ar e seus respectivos centros de ação para regiões com propriedades (temperatura, umidade e pressão) distintas às de sua origem. O encontro de massas de ar de características diferentes cria uma superfície de descontinuidade atmosférica, onde há instabilidade e condições propícias a ocorrência de chuva (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Segundo Ayoade (1983), as depressões frontais são mais frequentes nas latitudes médias (entre 30° e 60°), pois nessa faixa há fortes gradientes térmicos que favorecem a frontogênese. Inicialmente, a passagem de uma frente por uma região costuma provocar chuvas fortes, mas, com o avanço do sistema, a chuva tende a tornar-se mais fraca e intermitente.

Finalmente, as chuvas do tipo orográfico são formadas pela ascensão de massas de ar portadoras de umidade sobre áreas de terreno elevado, como serras ou planaltos. O efeito da topografia sobre a intensificação das chuvas pode ser percebido na distribuição desigual de precipitação pluvial entre as vertentes a barlavento e a sotavento nas proximidades dos oceanos.

A distribuição da chuva na superfície da Terra é desigual e está diretamente relacionada à circulação geral da atmosfera. Na zona equatorial, a convergência e ascendência do ar quente e úmido possibilitam a formação de nuvens com amplo desenvolvimento vertical. Essa área de baixa pressão térmica recebe ventos de nordeste e sudeste (alísios) que se originam em centros de alta pressão subtropical

(latitude 30°) nos hemisférios norte e sul, respectivamente. A circulação da atmosfera entre o equador e as zonas subtropicais constitui a chamada Célula de Hadley. O resultado são volumes de chuva superiores aos 2000 mm/ano em torno do paralelo de origem, em regiões como a Amazônia, África central e o sudeste Asiático. Nessas áreas, a chuva é abundante, amplamente convectiva quanto à sua gênese e se distribui de forma relativamente homogênea ao longo de todo o ano (AYOADE, 1983). A distribuição dos centros de pressão em superfície (altas e baixas), células de circulação meridional e fluxos de ventos globais é mostrada na figura 12.

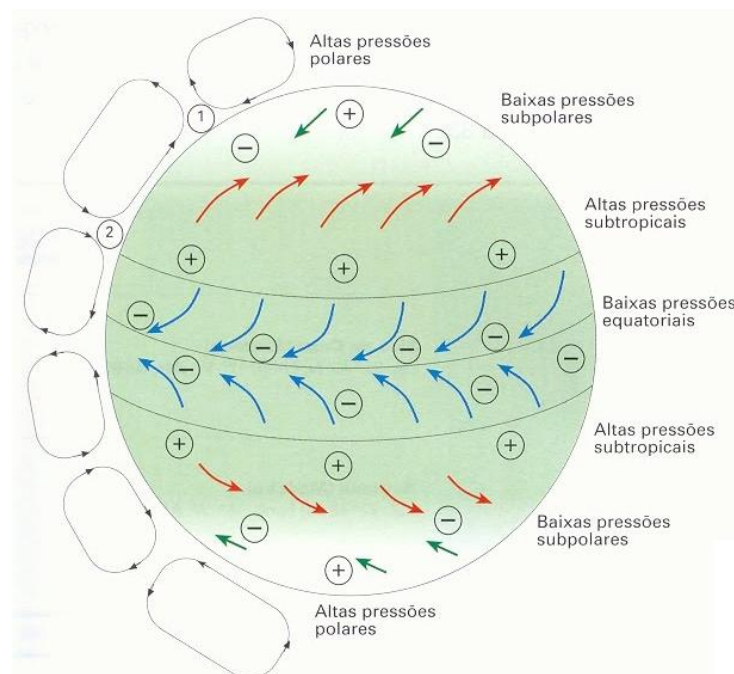


Figura 12
Circulação geral da atmosfera na Terra
Fonte: <http://saberesnet.webnode.pt>

Nas latitudes médias, em torno dos 40° e 50° norte e sul, também ocorre um máximo de chuva graças à presença do ramo ascendente da Célula de Ferrel. Os centros de baixa pressão subpolar presentes nessas áreas são de origem dinâmica e ocorrem pela convergência e ascendência dos ventos procedentes das zonas polares (latitude 90°) e os das zonas subtropicais (30°). Essa região é onde se origina a frente polar. A incidência de precipitação ao longo do ano nessas áreas é bastante homogênea, embora durante o inverno ocorra principalmente na forma de neve (AYOADE, 1983). As regiões polares, por sua vez, apresentam baixos volumes de chuva em função da presença de centros de alta pressão de origem térmica,

associados ao ar frio e denso em subsidência sobre essas latitudes, o que dificulta a ação dos mecanismos responsáveis pela formação de nuvens de chuva.

Na zona intertropical, embora os volumes totais de chuva anual sejam elevados, sua distribuição pode ocorrer de forma bastante concentrada (sazonal) ao longo do ano. Essa faixa planetária é influenciada pelas altas subtropicais de origem dinâmica, cujo maior desenvolvimento se dá sobre os oceanos (CRITCHFIELD, 1983). Nessas latitudes, as chuvas são amplamente convectivas e ocorrem principalmente durante o verão. Tal característica decorre do aquecimento diferencial¹⁹ entre oceanos e continentes, o que favorece a intensificação das altas subtropicais sobre os continentes no inverno e seu enfraquecimento no verão.

Ao largo do litoral brasileiro encontra-se a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que é responsável por condições de tempo estável entre a América do Sul e a África. Durante o inverno do Hemisfério Sul, esse sistema se expande sobre o interior do continente sul-americano, o que garante estabilidade e tempo seco. No verão, com a redução de sua influência sobre o continente e a expressiva queda da pressão atmosférica predominam condições de instabilidade e chuva (FRANCA, 2009). Em algumas regiões da faixa tropical, essa mudança de padrão atmosférico entre o inverno-seco e o verão-chuvoso é acompanhada por expressiva reversão (sazonal) na direção dos ventos.

O regime de monções do sudeste asiático ilustra bem esse fenômeno. No inverno, o maior resfriamento do continente em relação ao oceano Índico cria um gradiente de pressão que favorece o fluxo de ventos secos do interior do continente para o oceano. Nessa época ocorre a estação seca na região. No verão, a situação é inversa: o maior aquecimento do continente faz com que a circulação de ventos seja do oceano em direção ao continente. Esses ventos “de monção” são úmidos e produzem elevados volumes de chuva em países como a Índia nessa época do ano (figura 13). A Cordilheira do Himalaia constitui, assim, importante barreira montanhosa que favorece a ocorrência de grandes volumes de chuva (a barlavento) pela ação do efeito orográfico.

¹⁹ A água apresenta, dentre todas as substâncias, um dos mais elevados valores de calor específico (1,0). Por essa razão, os oceanos possuem maior inércia térmica, ou seja, se aquecem e se resfriam mais lentamente.

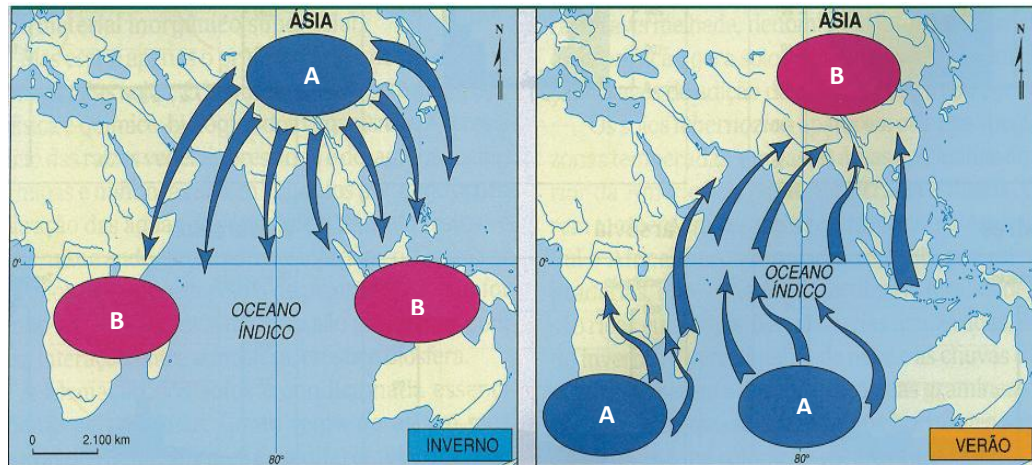


Figura 13
Regime de Monção no sudeste asiático
Fonte: Adaptado de <http://geografiam.wordpress.com>

Segundo Ayoade (1983), o regime de Monção também é observado em parte da África e da Oceania. Na região tropical da América do Sul, o autor afirma que a circulação monçônica é pouco desenvolvida devido ao “pequeno tamanho do continente e sua limitada extensão em direção ao Hemisfério Norte” (p. 89). No entanto, recentemente, autores como Gan *et al.* (2004), Marengo *et al.* (2004), Grimm *et al.* (2004), Nogués-Paegle *et al.* (2002) têm mostrado que o regime estacional de chuvas do interior da América do Sul pode ser classificado como monçônico.

Gan *et al.* (2004) realizaram um estudo sobre as mudanças na circulação atmosférica da América do Sul na transição da estação seca para a chuvosa a partir de dados da região Centro-Oeste do Brasil no período de 1979-2000. Os autores verificaram que ocorre uma nítida inversão do vento zonal em superfície de leste (na estação seca) para oeste (na estação chuvosa).

O Sistema de Monção da América do Sul (SMAS) articula sistemas de superfície e altitude responsáveis por um regime de chuva fortemente sazonal na região central da América do Sul, a exemplo do que ocorre em outras áreas tropicais do Planeta, como o sudeste asiático. O SMAS se desenvolve plenamente durante o verão austral (DJF) e é o principal responsável pela estação chuvosa no interior do Brasil. O estabelecimento do sistema ocorre dentro do período de um mês, geralmente a partir de meados de outubro e termina no final de março (SILVA, 2009).

Segundo Marengo *et al.* (2004) *apud* Obregón (2013), algumas das características do SMAS são: gradiente de temperatura entre oceano e continente na faixa tropical da América do Sul; presença de alta pressão em altos níveis (AB) e de baixa pressão sobre o interior do continente (Baixa do Chaco); célula de revolvimento vertical com braço ascendente no interior do continente e movimento descendente sobre o oceano; e intenso influxo de umidade para o continente em baixos níveis, inclusive em direção à Bacia do Plata, conhecido como Jato de Baixos Níveis (ao leste da Cordilheira dos Andes).

Outro fator que influencia o volume de chuva em áreas próximas aos oceanos são as correntes marítimas. As correntes marítimas frias, como a de Humboldt e da Califórnia, no Pacífico, e a de Benguela, na costa ocidental da África, têm participação efetiva na formação de desertos. Já correntes marítimas quentes, como a do Golfo, contribuem para volumes de chuva mais expressivos em algumas áreas litorâneas. A figura 14 a seguir mostra a distribuição mundial da precipitação média anual, segundo Ayoade (1983).

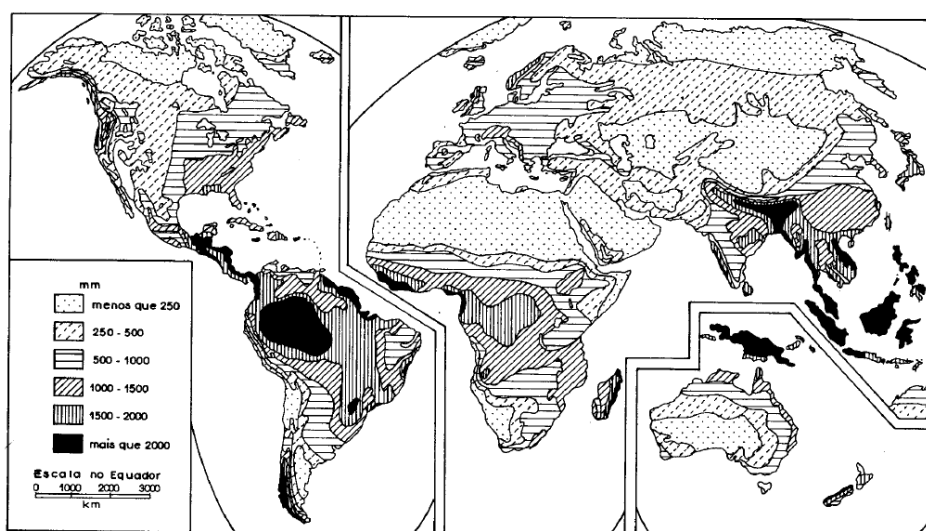


Figura 14
Distribuição mundial da precipitação média anual
Fonte: Ayoade (1983)

2.2 Pluviosidade no Brasil

A região intertropical apresenta características climáticas que se distinguem pelo predomínio do calor e da umidade. O clima dessas áreas tem na precipitação pluvial o elemento de maior importância, seja por sua expressividade em termos de volume, variabilidade têmporo-espacial ou mesmo pelos impactos socioambientais decorrentes de eventos pluviais intensos.

O Brasil possui um extenso território que, com exceção da região Sul, está majoritariamente inserido na zona intertropical. Além disso, encontra-se quase totalmente circunscrito ao Hemisfério Sul planetário, já que apenas seu extremo norte faz parte do Hemisfério Setentrional. Sua posição latitudinal é responsável pelo extraordinário excedente de radiação solar em seu balanço energético, o que explica as elevadas temperaturas médias anuais em quase todo o país – com valores superiores aos 24°C na região Norte (figura 15 a).

Com uma extensa costa voltada para o Oceano Atlântico, o litoral do Brasil conta com abundante umidade marítima resultante da atuação das massas de ar Tropical Atlântica (mTa) e Equatorial Atlântica (mEa). Já no interior do país, a atuação da massa Equatorial Continental (mEc) cujo centro localiza-se na Amazônia representa importante fonte de umidade para o Brasil central. O país também está sujeito a atuação da Frente Polar Atlântica (FPA) responsável pela produção de chuvas expressivas nas regiões Sul e Sudeste do país.

Desse modo, além de apresentar um clima predominantemente quente, o Brasil exibe elevados volumes pluviométricos, com destaque para a costa e a região amazônica, onde valores acima de 1850 mm/ano são comuns. Apenas no interior do Nordeste brasileiro e no extremo norte e nordeste de Minas Gerais é que a pluviosidade é menor, com valores inferiores a 850 mm/ano (figura 15 b).

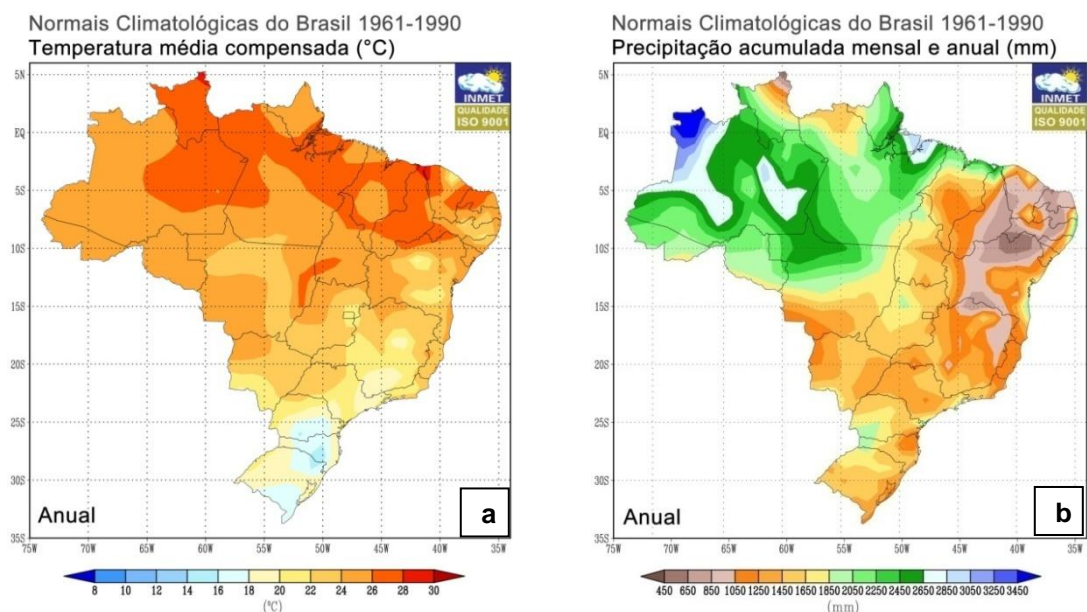


Figura 15
Brasil: temperatura média compensada anual (a); precipitação acumulada anual (b) –
1961-1990
Fonte: INMET

No entanto, apesar dos elevados volumes de chuva anual, grande parte do Brasil apresenta um regime pluvial fortemente sazonal, com chuvas concentradas em alguns meses do ano. As exceções são o extremo Sul do país, algumas áreas no noroeste da Amazônia e parte do litoral. Quadro *et al.* (1996) ressaltam a diversidade de regimes pluviais e térmicos no Brasil:

No norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. No Nordeste a estação chuvosa, com baixos índices pluviométricos, restringe-se a poucos meses, caracterizando um clima semi-árido. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas. O sul do Brasil, devido à sua localização latitudinal, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante o ano. (p. 90, 1996)

Tubelis e Nascimento (1992) descrevem os diferentes regimes pluviais encontrados no Brasil: 1) o do extremo sul do país, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sem estação seca; 2) o altamente sazonal do interior do Sudeste e Centro-Oeste, com chuvas concentradas no verão (dezembro a março); 3) o do litoral do Nordeste, com estação chuvosa durante o outono (março a junho) e estação seca na primavera (setembro a dezembro); e 4) o do Norte amazônico, quase sem estação seca²⁰. De modo geral, o trimestre menos chuvoso no Brasil é junho-julho-agosto, já o mais chuvoso varia muito ao longo do país.

2.3 Pluviosidade na Amazônia

A região amazônica se distingue por ser uma das mais extensas áreas quentes e úmidas do Planeta, com índices pluviométricos em torno dos 2300 mm/ano, em média, e de até 5000 mm/ano em sua porção ocidental (MARENGO; NOBRE, 2009). Essa característica resulta da conjugação de fatores estáticos e dinâmicos, como sua posição geográfica e a atuação de sistemas atmosféricos produtores de chuva. Obregón (2013) destaca sua posição latitudinal, a influência do Atlântico Tropical, a existência da Cordilheira dos Andes e a presença da floresta pluvial, como principais fatores regionais que determinam as características do sistema climático da Amazônia.

²⁰ É necessário ressaltar, no entanto, que as regiões Norte e Nordeste apresentam mais de um regime pluvial.

Os três principais núcleos chuvosos da Amazônia estão localizados: 1) no noroeste do estado do Amazonas, com volumes acima de 3000 mm/ano; 2) na parte central da Amazônia, em torno da latitude 5° sul, onde são registrados volumes superiores aos 2500 mm/ano; e 3) entre o litoral do Amapá e a foz do rio Amazonas no estado do Pará, com pluviosidade acima dos 4000 mm/ano (MARENGO; NOBRE, 2009).

Nimer (1972) destaca um “corredor central menos chuvoso”, que se estenderia do leste de Roraima, passaria pelo Pará e seguiria pelo Mato Grosso até Rondônia e sudeste do Acre (figura 16). Nessa extensa área do Norte do país, o volume de chuva varia entre 1500 mm/ano a 2000 mm/ano e há um período seco com duração de 3 a 5 meses.

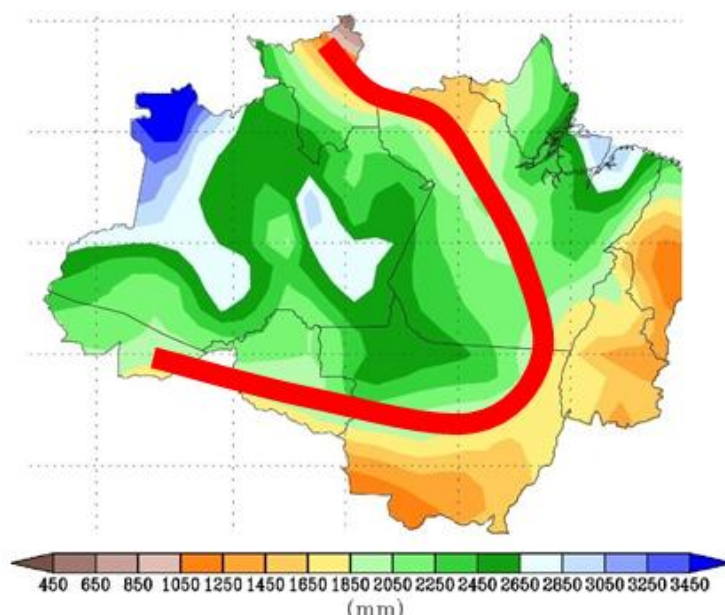


Figura 16
Amazônia Legal: volume médio anual de chuva (1961-1990), com destaque para o “corredor central menos chuvoso” de Nimer.
Fonte: Adaptado de INMET

Segundo este autor, as características climáticas do Norte do país devem-se à atuação de importantes sistemas de circulação atmosférica, assim identificados: 1) anticlones subtropicais do Atlântico Sul e dos Açores²¹; 2) Massa Equatorial Continental (mEc) e suas linhas de instabilidade tropicais (LI); 3) Zona de

²¹ As massas de ar associadas aos referidos anticlones são a: Massa Equatorial Atlântica (mEa) e a Massa Equatorial Norte (mEn), ambas quentes e úmidas. Contudo, em função da forte subsidência superior que as caracteriza, a umidade presente nesses sistemas se limita às suas camadas mais superficiais, o que explica as condições de tempo estável que provocam.

Convergência Intertropical (ZCIT) e 4) Frente Polar Atlântica (FPA) em seu ramo continental. Com exceção dos anticiclones mencionados, que se manifestam por meio de ventos de leste a nordeste na faixa oriental da Amazônia e produzem condições de tempo estável, os demais representam as chamadas correntes perturbadas, responsáveis por instabilidades e chuvas.

Molion (1987) considera que os três principais mecanismos responsáveis pelas chuvas na região amazônica são: 1) a convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e de condições de larga-escala favoráveis; 2) linhas de instabilidade originadas na costa Norte-Nordeste do litoral do país; e 3) aglomerados convectivos associados à penetração de sistemas frontais no Sul e Sudeste do país.

A convecção – mecanismo de ascendência e resfriamento do ar na atmosfera – é uma característica fundamental do clima amazônico. Esse processo está associado à presença de uma baixa térmica na região, que se expande para latitudes maiores no verão. Marengo e Nobre (2009) destacam a presença persistente dessa baixa sobre a região do Chaco, entre 20° e 30° S, durante a estação chuvosa.

As linhas de instabilidades a que Molion se refere estão associadas à circulação da brisa marítima que organiza convecção sobre a costa do Atlântico próximo à foz do Amazonas. Esses aglomerados de nuvens se deslocam para o interior, podendo chegar até a Cordilheira dos Andes 48 horas após sua gênese.

Silva (2010) destaca como principais mecanismos dinâmicos de larga escala responsáveis pela produção de chuva durante a estação chuvosa (verão) na região amazônica: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as linhas de instabilidade que se formam na costa do Atlântico devido à circulação da brisa marítima e a Alta da Bolívia (AB). Segundo o autor, as linhas de instabilidade apresentam-se com maior ou menor intensidade dependendo do comportamento sazonal e a intensidade da ZCIT. Na escala local, os fenômenos atmosféricos que provocam chuva na região são as altas convecções diurnas resultante do aquecimento da superfície. Tais mecanismos estão associados aos de larga escala (SILVA *et al.*, 2004).

Para Marengo e Nobre (2009), os padrões de chuva na Amazônia não podem ser explicados somente pelo influxo de umidade proveniente do Atlântico Equatorial. A reciclagem de umidade, por meio da evapotranspiração exercida pela floresta, pode chegar a 50 %, o que representa uma componente fundamental no balanço hidrológico atmosférico da região no período entre setembro e fevereiro.

Estima-se que uma árvore de grande porte seja capaz de bombear do solo para a atmosfera de trezentos a mil litros de água por dia, o que resultaria em cerca de 20 trilhões de litros de água por dia lançados à atmosfera via evapotranspiração pela área atual correspondente ao bioma amazônico (5,5 milhões de quilômetros quadrados). O papel da floresta como bomba d'água de proporções gigantescas ocorre “graças à poderosa evapotranspiração das plantas e à condensação da água nas nuvens, produzindo chuvas copiosas e propelindo os rios voadores, fazendo rodar o ciclo hidrológico.” (MOSS e MOSS, 2011, p. 9) (figura 17).



Figura 17
Evaporação da Floresta Amazônica no extremo oeste do Acre
Fonte: MOSS e MOSS (2011)

Nobre *et al.* (2009, p. 150) ressaltam o papel fundamental da floresta na regulação do clima global:

por meio de intensa evapotranspiração, as florestas tropicais bombeiam calor latente à atmosfera para equilibrar o forte calor radiativo à superfície. A forte e extensiva convecção tropical sobre o continente durante o verão do Hemisfério Sul transporta o calor latente para a alta troposfera e o distribui às zonas temperadas. Ao fazer isso, floresta e convecção, juntas, resfriam a Amazônia, ao mesmo tempo em que se torna uma intensa fonte troposférica de calor para a circulação atmosférica global. (NOBRE *et al.*, 2009, p. 150)

Assim, a distribuição de chuva na Amazônia guarda estreita relação com a dinâmica da atuação dos principais sistemas atmosféricos em superfície da região, como a Massa de Ar Equatorial Continental, com centro de origem no oeste da região; a Zona de Convergência Intertropical, formada pela convergência dos ventos alísios; e as frentes frias, oriundas de latitudes extratropicais que atingem com mais frequência o sul da região. Há que se considerar, ainda, o Jato de Baixos Níveis

(JBN), responsável pelo transporte de umidade do Atlântico para a região, a Zona de Convergência do Atlântico Sul, canal de umidade que se estabelece entre a Amazônia e o Atlântico Sul, e a Alta da Bolívia, anticiclone nos níveis mais altos da troposfera, que atuam de forma articulada com os demais sistemas na produção de chuva sobre a Amazônia. A seguir serão apresentadas as características mais importantes de cada um desses sistemas.

A Massa Equatorial Continental (mEc) é quente e úmida. Originada sobre a região da “cabeça do cachorro”, na fronteira entre Brasil, Colômbia e Venezuela, onde se manifesta quase permanentemente, a mEc conta com a umidade fornecida pela evapotranspiração vegetal e evaporação fluvial, além de umidade proveniente, por advecção (via alísios), do Oceano Atlântico. A evapotranspiração local tem um papel fundamental na reciclagem da precipitação na Amazônia (NOBRE *et al.* 2009). Segundo Nimer (1972), a mEc é resultado da convecção termodinâmica e da convergência intertropical dos alísios sobre os Andes. Por não apresentar subsidência superior e graças ao seu forte teor de umidade, a atuação desta massa de ar é caracterizada pela presença de instabilidades causadoras de chuvas abundantes.

Durante o verão do Hemisfério Sul, quando predominam baixas pressões no continente sul-americano, esse sistema se expande e ganha força sobre a região central da América do Sul. É no interior da mEc que se formam as linhas de instabilidades tropicais, responsáveis por chuvas, trovoadas, granizo e ventos moderados a fortes. Essas chuvas são rápidas (não ultrapassando 1 hora) e ocorrem geralmente entre o fim da tarde e início da noite. As instabilidades tropicais se deslocam de noroeste para sudeste e se tornam mais ativas quando da presença da frente polar ao sul da Amazônia.

Já nos meses secos (inverno), a atuação da face continentalizada do Anticiclone Subtropical de Atlântico Sul (ASAS) sobre o Brasil Central inibe a atuação das linhas de instabilidade e depressões tropicais e equatoriais associadas a esta massa de ar²², resultando em uma atmosfera mais seca, quente e estável em

²² A Massa Tropical Atlântica (mTa), associada ao ASAS, se caracteriza – devido à intensa radiação solar tropical – por altas temperaturas e elevada umidade específica sobre o oceano (NIMER, 1972). Entretanto, apesar dessas características, o sistema é incapaz de gerar precipitação significativa de chuva já que a umidade e nebulosidade a ele associada se restringe a uma estreita faixa da atmosfera próxima a superfície marítima, caso semelhante à mEa.

tudo o interior do país, inclusive na porção mais meridional e central da Amazônia (FRANCA, 2009).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma extensa faixa de nebulosidade, associada ao ramo ascendente da Célula de Hadley, formada pela convergência em baixos níveis dos ventos alísios de nordeste e sudeste. Esse sistema, produtor de chuvas, oscila sazonalmente entre os Hemisférios Norte e Sul da Terra em função da temperatura dos oceanos e das estações do ano (figura 18).

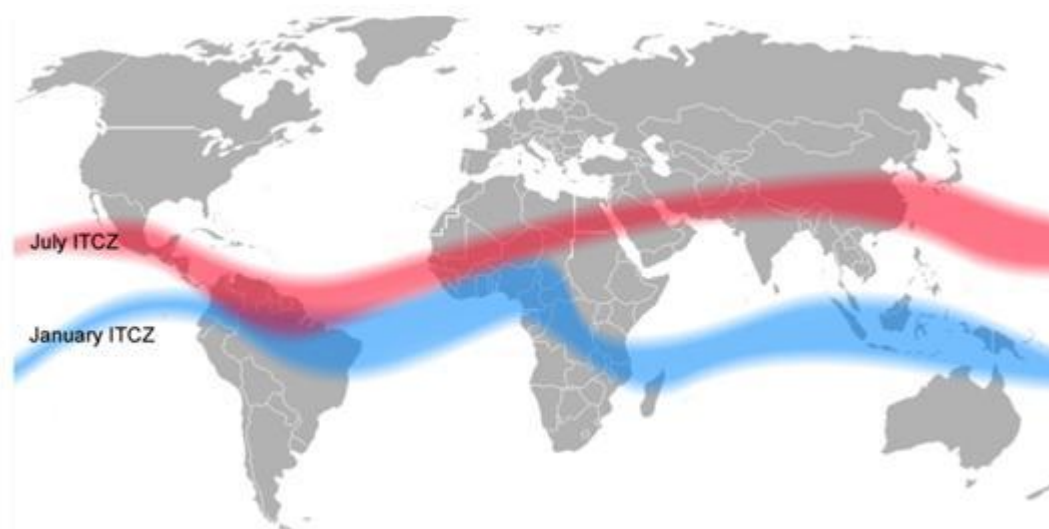


Figura 18
Zona de Convergência Intertropical (ZCIT): posição em janeiro e julho
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Zona_de_convergência_intertropical

A posição limite desse sistema no Hemisfério Sul ocorre entre março e abril, próximo ao paralelo de latitude 4° S. Durante o inverno austral, a ZCIT se desloca para o Hemisfério Norte acompanhando a baixa pressão equatorial e as TSM mais elevadas no Atlântico Tropical Norte. Entre agosto e setembro, sua posição varia entre as latitudes 10° N e 14° N (HASTENRATH; LAMB, 1977). Segundo, Molion (1987), a ZCIT tem um papel fundamental na produção de chuva nas áreas costeiras da Amazônia, o que explica o expressivo núcleo chuvoso na foz do rio Amazonas.²³

O sul e sudoeste da Amazônia também estão sujeitos à atuação de frentes frias precedidas pela Massa Polar Atlântica (mPa) em sua trajetória continental. A chuva e queda de temperatura resultante do avanço dos anticiclones polares

²³ Cohen *et al.* (1995) *apud* Marengo *et al.* (2009) completam que além desse sistema, circulações locais relacionadas às linhas de instabilidade que surgem ao longo da costa forçadas pela circulação de brisa marítima também participam desse máximo de chuva.

migratórios (frios e secos) em direção ao ar quente e úmido da região são denominadas pela população local como friagem. As friagens são mais comuns durante o inverno austral e podem atingir os estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso e sul do Amazonas.

A atuação desse sistema é responsável pela ocorrência de chuvas frontais sobre essa parte da Amazônia durante a estação seca (MARENGO *et al.*, 1997) (figura 19a; 19b). Essas chuvas geralmente são esparsas e fracas (KOUSKY; FERREIRA, 1981).²⁴ As friagens são rápidas e sua duração varia em torno de 5 a 6 dias. Nesses episódios, a intensidade dos ventos aumenta e a direção predominante costuma ser de sul. Marengo e Nobre (2009) destacam a temperatura de 11°C registrada em Rio Branco (AC) durante um episódio de friagem em 1997, mas há registros de 6,0°C em Rio Branco em 1975 e 10,0°C em Porto Velho (RO) em 1985 (INMET, 1992).

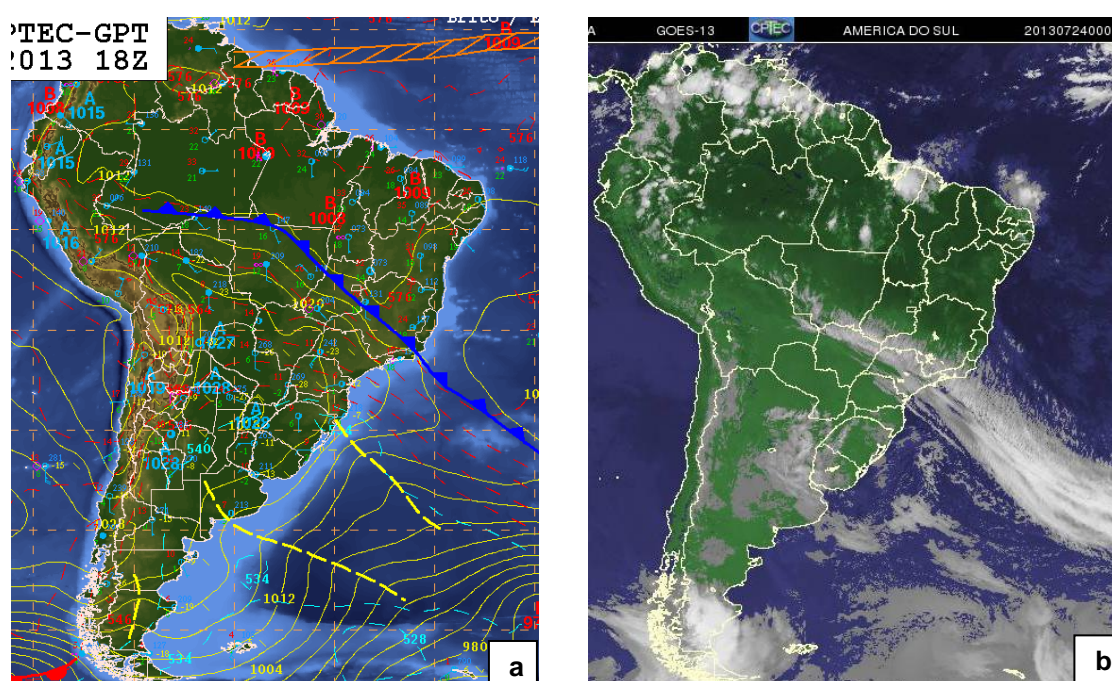


Figura 19
Frente fria no Norte do país em 23/07/2013 – carta sinótica (a) e imagem de satélite (b)
Fonte: CPTEC/INPE

O transporte de umidade da região amazônica para latitudes maiores é responsável pelas volumosas chuvas de verão que ocorrem no centro-sul do Brasil nessa época do ano. Esse processo pode ocorrer por meio da atuação do Jato de

²⁴ A presença da FPA ao sul da Amazônia costuma ativar instabilidades tropicais na região, com antecedência de 24 horas à chegada do sistema (e ainda que ele não chegue) (NIMER, 1972).

Baixos Níveis (JBN), um sistema atmosférico em superfície (850 hPa) que transporta umidade ao largo da faixa oriental da Cordilheira dos Andes²⁵, desde o Atlântico Equatorial até o norte da Argentina. Eventos de JBN chegam a se caracterizar por ventos de até 15 m/s nos níveis superficiais da atmosfera (MARENGO; NOBRE, 2009).

Para Nobre *et al.* (2009), o Atlântico é a principal fonte de umidade para a Bacia Amazônica e o JBN é o sistema responsável pelo transporte de umidade e calor para latitudes extratropicais da América do Sul. A trajetória do JBN tem início com os ventos alísios que, entre o verão e o outono austral, transportam umidade do Atlântico para a Amazônia em função da maior pressão atmosférica sobre o Atlântico Tropical Norte. Esse fluxo de umidade percorre a Bacia Amazônica em direção ao interior até se encontrar com a Cordilheira dos Andes, quando são desviados para sul e sudeste e podem chegar até a região da Bacia do Prata, entre 25° S e 40° S (figura 20).

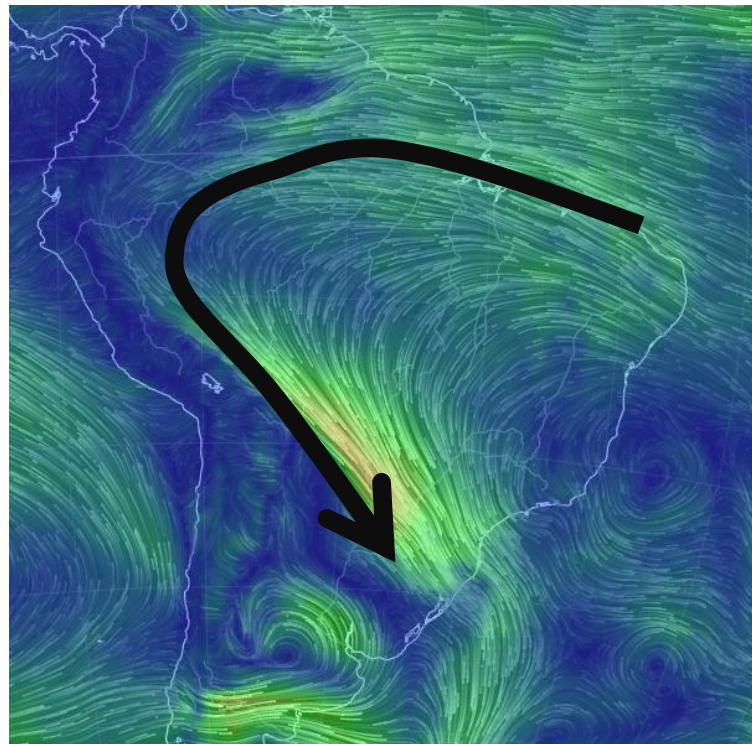


Figura 20

Linhas de corrente em 850 hPa – Destaque para o JBN intenso entre o Paraguai e o Mato Grosso do Sul em 05/06/2014

Fonte: Adaptado de Earth Null School.

²⁵ A Cordilheira dos Andes, com altitude média de 4 mil metros, exerce papel fundamental como forçante para o direcionamento desse fluxo para sul.

Outra forma de a convecção amazônica chegar a latitudes extratropicais é por meio da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Eventualmente, durante a primavera e verão do Hemisfério Sul, a associação entre a convecção amazônica e a Frente Polar Atlântica (FPA) no Sudeste do país ocasiona a formação de um extenso canal de umidade atmosférica da Amazônia até o Atlântico Tropical Sul.

O fenômeno é responsável por dias seguidos de chuva intermitente que costumam causar desastres naturais no Sul e Sudeste do país. Quadro (1994) definiu a ZCAS como uma extensa banda de nebulosidade, com orientação NW-SE, da Amazônia até o Atlântico Sul, por pelo menos quatro dias (figura 21a; 21b).

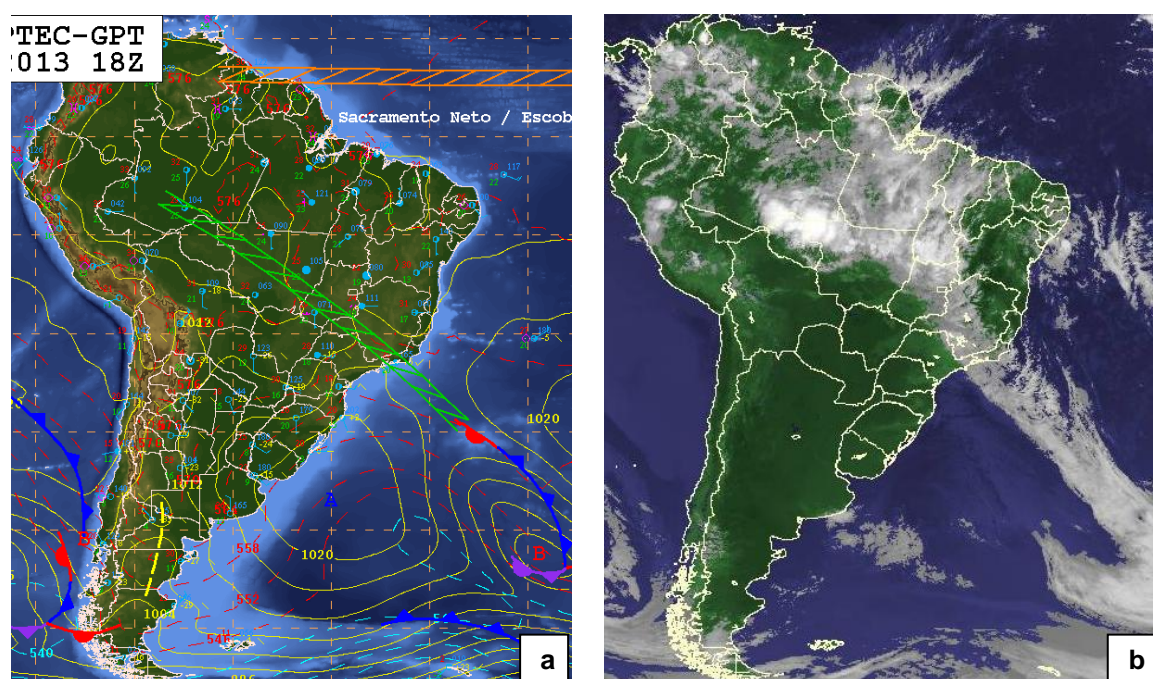


Figura 21
ZCAS em 05/11/2013 – carta sinótica (a) e imagem de satélite (b)
Fonte: CPTEC/INPE

O sistema é caracterizado pela convergência de umidade na baixa e média troposfera dada pela interação da convecção tropical com a FPA. Segundo Nobre *et al.* (2009), no verão austral a máxima convecção amazônica (centrada em torno dos 10° S) se prolonga para o Sul e Sudeste do Brasil para formar a ZCAS. Nessas regiões, 50% do total chuva de verão ocorre sob a forma de precipitação convectiva, com forte variação diurna. Na Amazônia Meridional, durante episódios de ZCAS, chove em média de 10 mm/dia a 30 mm/dia.

Nos níveis mais altos da troposfera, a Alta da Bolívia (AB), um anticiclone em 200 hPa (entre 10 e 12 quilômetros acima da superfície), com centro no altiplano boliviano, organiza a intensa convecção equatorial sobre o centro da América do Sul e contribui para a produção de elevados volumes de chuva na Amazônia durante os meses do verão do Hemisfério Sul (FISCH *et al.*, 1998). Silva Dias *et al.* (1983) afirmam que a AB é uma resposta dinâmica ao aquecimento da alta troposfera resultante da liberação de calor latente da forte convecção na região. Santos (1986) observou que durante anos menos chuvosos na região Amazônica os centros da AB eram menos intensos.

Como resultado da atuação desses sistemas e devido a sua extensão, a região amazônica possui, ao menos, cinco regimes pluviais. O primeiro, encontrado no noroeste da região, se distingue por não apresentar estação seca e trimestre mais chuvoso em abril/maio/junho. O segundo, na região central, tem em março/abril/maio seu trimestre mais chuvoso e em junho/julho/agosto o período mais seco. O terceiro regime, do litoral do Amapá e Pará, tem estação chuvosa em fevereiro/março/abril e estação seca em agosto/setembro/outubro. O quarto, no sul da região, onde se encontra o estado de Rondônia, se caracteriza por chuvas concentradas no trimestre dezembro/janeiro/fevereiro e estação seca bastante definida em junho/julho/agosto. Um quinto regime pluvial é encontrado no extremo norte da região, onde a estação chuvosa ocorre em junho/julho/agosto e estação seca em dezembro/janeiro/fevereiro.

Em Rondônia, segundo dados da 2ª Aproximação do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia (RONDÔNIA, 2000) são encontrados volumes de chuva entre 1300 e 2600 mm/ano. A distribuição espacial da pluviosidade mostra que os menores índices localizam-se no sudoeste do estado, região do município de Costa Marques e ao longo do vale do rio Guaporé, aumentando gradativamente um pouco a leste/sudeste até 2000 mm nas proximidades de Vilhena e mais ainda ao norte (em torno de Cujubim) com valores superiores a 2500 mm (ZUFFO; FRANCA, 2010). Segundo classificação climática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (NIMER, 1979), o clima predominante no estado é do tipo Equatorial Quente, Úmido, com três meses secos – junho, julho e agosto.

Bezerra *et al.* (2010) analisaram o comportamento da precipitação pluvial em Porto Velho para o período 1945-2003 e destacaram como principais características

do regime pluviométrico do município a sua sazonalidade bem definida em um período chuvoso que se estende de novembro a abril e um período seco de junho a setembro, sendo os meses de maio e outubro considerados de transição. O volume médio de chuva anual encontrado para a localidade foi de 2277,3 mm e os trimestres mais chuvoso e seco do ano foram, respectivamente, janeiro-fevereiro-março (com 1123,5 mm, isto é, 49,1 % do total anual) e junho-julho-agosto (com 107,9 mm ou 4,7 % do total anual). Os autores não encontraram tendências de acréscimo ou decréscimo dos valores médios de chuva ao longo do tempo, mas concluíram que as maiores anomalias pluviométricas do período ocorreram em anos sob atuação do fenômeno *El Niño*.

2.4 Teleconexões com as chuvas na Amazônia

No campo de estudos atmosféricos, as teleconexões ou conexões à distância são entendidas como interações que se estabelecem entre condições climáticas de diferentes regiões do globo terrestre. Segundo Cavalcanti e Ambrizzi (2009), o termo foi utilizado pela primeira vez pelo meteorologista sueco Anders Angstrom em 1935 e vários dos padrões de teleconexões são de escala planetária, cobrindo bacias oceânicas e continentes.

Os estudos sobre teleconexões costumam ser realizados por meio do estabelecimento de matrizes de correlação temporal entre o comportamento de determinada variável em dois pontos distantes da Terra. Algumas das principais teleconexões conhecidas são a Oscilação do Atlântico Norte (NAO), Oscilação do Pacífico Norte (NPC) e a Oscilação Sul. No Hemisfério Sul, os principais padrões de teleconexões identificados são o Pacífico-América do Sul (PSA), Índice de Pittock (entre o sul da Austrália e o sul da América do Sul) e a Oscilação Antártica (AO). Na Amazônia, a Oscilação Sul no Pacífico Equatorial, associada ao fenômeno *El Niño*, permite compreender, juntamente com o Atlântico Tropical a maior parte da variabilidade interanual do clima na região (MARENGO; NOBRE, 2009).

Cavalcanti e Silveira (2013) afirmam que o aquecimento do Pacífico (*El Niño*) está associado à redução da precipitação no nordeste da região. No leste, oeste e noroeste da Amazônia, a redução da precipitação pelo *El Niño* ocorre em apenas alguns meses do ano. Segundo Fisch *et al.* (1998), o *El Niño* de 1982-1983 foi responsável por um período extremamente seco durante a estação chuvosa na

Amazônica Central. Para Nobre *et al.* (2009) a seca severa que atingiu o setor centro-norte da Amazônia em 1997-1998 resultou do aquecimento do Pacífico equatorial naquele ano. Nesses eventos parece haver uma alteração no posicionamento da Célula de Walker, com deslocamento de seu ramo descendente sobre a Amazônia, o que prejudica os processos convectivos (FISCH *et al.*, 1998).

O Atlântico tropical também tem papel fundamental no clima de todo o Brasil, inclusive na região amazônica. A temperatura da superfície do mar (TSM) do Atlântico afeta o posicionamento da ZCIT, o que pode causar períodos excepcionalmente secos ou chuvosos na região. Águas mais frias no Atlântico Tropical Sul deslocam a ZCIT para norte, causando anos secos ou muito secos no norte do Nordeste e em parte da região amazônica. A situação inversa, em que a TSM do Atlântico Tropical Sul encontra-se acima do normal, favorece a ocorrência de anos mais chuvosos nessa área (figura 22).



Figura 22
Influência da TSM do Atlântico Tropical no posicionamento da ZCIT
Elaboração: FRANCA, R. R.

A seca de 2005, que se concentrou no oeste e sudoeste da região, teve relação com o aquecimento anormal das águas do Atlântico Tropical Norte, que manteve a ZCIT mais ao norte de sua posição climatológica. A seca de 2010, por sua vez, apresentou maior abrangência e severidade que a de 2005 e teve como causa tanto o aquecimento do Pacífico (*El Niño*) quanto do Atlântico Norte (CAVALCANTI *et al.*, 2013).

Portanto, pode-se afirmar que a pluviosidade na Amazônia é largamente influenciada por características vigentes na região tropical do Oceano Atlântico, de onde provém importante parcela da umidade presente na região. A influência do

Pacífico Equatorial, por sua vez, é mais complexa, pois o fenômeno ENOS parece influenciar de maneira desigual os diferentes setores da região, além de apresentar expressões diversas conforme a época do ano em que ocorre.

2.5 Eventos pluviais extremos na Amazônia: variabilidade e tendências

Em função das características do clima equatorial e da expressiva variabilidade temporal da precipitação pluvial nessa região, dentre os diferentes tipos de eventos climáticos extremos os de maior ocorrência e relevância na Amazônia são aqueles associados à pluviosidade (excesso ou escassez de chuva). Os eventos pluviais extremos, em suas múltiplas escalas temporais, ocorreram em diversos momentos da história climática da região, portanto, o enfoque dessa seção será a ocorrência recente desses eventos na Amazônia.

A escassa rede de registros e observações meteorológicas na Amazônia dificulta o entendimento sobre a variabilidade climática da região, sobretudo no período que antecede a segunda metade do século XX. Apesar disso, Meggers (1994) destaca a ocorrência de grandes secas, associadas a eventos excepcionalmente intensos de *El Niño*, há 1500, 1000 e 700 anos antes do presente. As análises dessa autora foram realizadas por meio de relatos de diversas datações por carbono-14 de camadas de carvão vegetal em solos de toda a bacia amazônica. Impactos sobre a flora e fauna resultaram na deterioração dos recursos de subsistência das populações pré-históricas que foram obrigadas a migrar para outros locais, o que refletiu na heterogeneidade genética e linguística desses povos.

Jenkins *et al.* (2013) estudaram anéis de árvores da Amazônia para reconstruírem sua cronologia do crescimento e identificar secas. Esses autores examinaram árvores da espécie *Cedrela odorata* e identificaram 24 eventos extremos de seca no período 1815-2005, sendo 16 no século XX num intervalo de recorrência de seis anos. Anos classificados como de secas extremas foram 1916, 1925 e 2005, além de 1948, 1957/58, 1982/83, 1987 e 1997/98.

No século XX, Alves *et al.* (2013) destacam a ocorrência de secas severas na Amazônia associadas a eventos intensos de *El Niño* nos anos de 1925/26, 1982/83, 1997/98, além de grandes secas em 1963/64, 1970, 1987, 2005 e 2010 não necessariamente associadas ao fenômeno. Marengo *et al.* (2013) coincidem

com esses autores e enfatizam as secas de 1911/12, 1925/26, 1964, 1983, 1997, 2005 e 2010 por seus grandes impactos à população e ecossistemas amazônicos.

Willians *et al.* (2005) afirmam que a grande seca de 1926 é catalogada como a mais severa seca nos trópicos da América do Sul durante o século XX. Sua ocorrência está intimamente relacionada a um *El Niño* intenso. Este evento foi documentado nos níveis de observação do rio Negro em Manaus, nos registros de chuva e anedoticamente pela população local. A seca atingiu o oeste da Bacia Amazônica e países como Venezuela, Peru e Equador. Em 1926 foram observadas anomalias negativas de chuva que variaram dos 5 % aos 42 % em toda a região. Já em 1925, diversas localidades da Venezuela apresentaram fortes desvios negativos de chuva, o que contribuiu para o agravamento da seca no ano seguinte.

Segundo Alves *et al.* (2013) a seca de 1926 se caracterizou por anomalias negativas de precipitação de cerca de 50 % na Amazônia, no centro-norte brasileiro e no sul da Venezuela. Já a seca de 1983 foi responsável por uma anomalia negativa de chuva em torno de 70 % na região de Manaus e 20% em Belém. A persistente seca de 1998 provocou diversos impactos ambientais em toda a Amazônia, como estresse hidrológico do bioma e aumento da vulnerabilidade a incêndios na região.

Sobre os episódios mais recentes, Lewis *et al.* (2011) basearam-se em dados de satélite para estimar a abrangência espacial das secas de 2005 e 2010. Os autores concluíram que a seca de 2010 foi mais intensa e atingiu uma área maior da Amazônia – aproximadamente 3 dos 5,3 milhões de quilômetros quadrados analisados, contra 1,9 milhão na seca de 2005. Com três epicentros – sudoeste da região, centro-norte da Bolívia e o estado do Mato Grosso – a seca desse ano incrementou a taxa de mortalidade de árvores em uma área de 3,2 milhões de km², contra 2,5 milhões de km² em 2005.

Em relação à seca de 2005, Saleska *et al.* (2007) definem seu epicentro entre o sudoeste e o centro da região e seu pico durante os meses de julho a setembro – período já normalmente seco na Amazônia. Para os autores, secas como as de 2005 e 2010 interferem no ciclo global de carbono e contribuem duplamente para o aquecimento do Planeta. Isso ocorre porque a floresta deixar de exercer seu papel como depósito de carbono, e ainda se transforma em fonte de gases de efeito estufa pela morte e putrefação de árvores, queimadas e incêndios florestais.

A Amazônia também é recorrentemente afetada por eventos climáticos extremos associados ao excesso de chuva. Os anos de 2009 e 2012, por exemplo, apresentaram enchentes e inundações em vários setores da região. Em 2012, o rio Negro em Manaus atingiu nível recorde desde 1903 (início das medições). Segundo dados da CPRM/ANA, os maiores registros no nível do rio Negro nesse local foram nos anos de 2012 (29,97 m), 2009 (29,77 m), 1953 (29,69 metros), 1976 (29,61 metros), 1989 (29,42 m), 1922 (29,35 m) e em 1999 (29,30 m), sempre entre os meses de maio e julho (ANA, 2013).

Baseando-se nos registros dos níveis dos rios Madeira (em Fazenda Vista Alegre/AM), Negro (em Manaus/AM) e Amazonas (em Óbidos/PA), Marengo *et al.* (2013) destacam as enchentes e inundações de 1954, 1989, 1999, 2009, 2011 e 2012. Alguns desses eventos estão associados ao fenômeno *La Niña* no Pacífico ou ao aquecimento do Atlântico Tropical Sul. Os autores encontraram tendências positivas (fracas) nas séries dos níveis máximos dos rios Negro e Amazonas desde o final dos anos 80 e tendências negativas significativas nas séries dos níveis mínimos dos três rios desde meados da década de 1970, o que sugere que níveis extremos têm se tornado mais frequentes.

Recentemente, em 2013, o rio Negro em Manaus registrou sua oitava maior cheia da história. A cheia de 2013 deixou vários municípios em situação de emergência no Amazonas, inclusive sua capital. O rio Negro chegou à marca de 29,28 metros. No entanto, esse ano apresentou uma situação contraditória. Se o setor noroeste da Amazônia apresentou chuvas acima da média, o rio Acre, no sudoeste da região, teve sua pior seca em 40 anos. Cinco municípios do Acre decretaram situação de emergência. Em Rio Branco, o volume de chuva ficou muito abaixo da média nos meses de abril e maio.

Na cidade de Porto Velho, em Rondônia, registros do nível do rio Madeira para o período 1967-2014 mostram o impacto das secas de 2005, 1968, 1971 e 2010 no nível do rio, sempre entre agosto e outubro. Já anos como 2014, 1997, 1984, 1986, 1982 e 2008 se destacaram pela elevação das águas fluviais (cheias) entre março e abril, conforme apresentado na tabela 1. É importante ressaltar que a CPRM estabelece em 16,68 metros sua cota de emergência para esse local em Porto Velho.

TABELA 1: RIO MADEIRA/PORTO VELHO
MAIORES CHEIAS E VAZANTES (EM METROS) – 1967-2014

Cheias		Vazantes	
mar/2014	19,74	set/2005	1,63
abr/1997	17,51	ago/1968	2,14
abr/1984	17,44	out/1971	2,16
abr/1986	17,25	out/2010	2,27
abr/1982	17,15	out/2004	2,28
abr/2008	16,95	set/2006	2,29
abr/1993	16,84	set/1995	2,30
abr/2013	16,68	set/1999	2,31
abr/2011	16,58	out/2007	2,32
mar/2001	16,54	out/1969	2,32

Fonte: Hidroweb; CPRM e ANA

Elaboração: FRANCA, R. R.

Assim como ocorre com o rio Madeira, os rios desse setor da Amazônia apresentam vazante máxima em torno do mês de setembro. Entre outubro e abril as águas sobem e em maio a vazante recomeça. O gráfico a seguir (figura 23) mostra o comportamento mensal e interanual do nível do rio Madeira (em centímetros) no período 1967-2014 e destaca algumas das principais cheias e vazantes (secas). Nesse período, a média histórica do nível do rio foi de 9,51 metros, com desvio padrão de 4,19 metros.

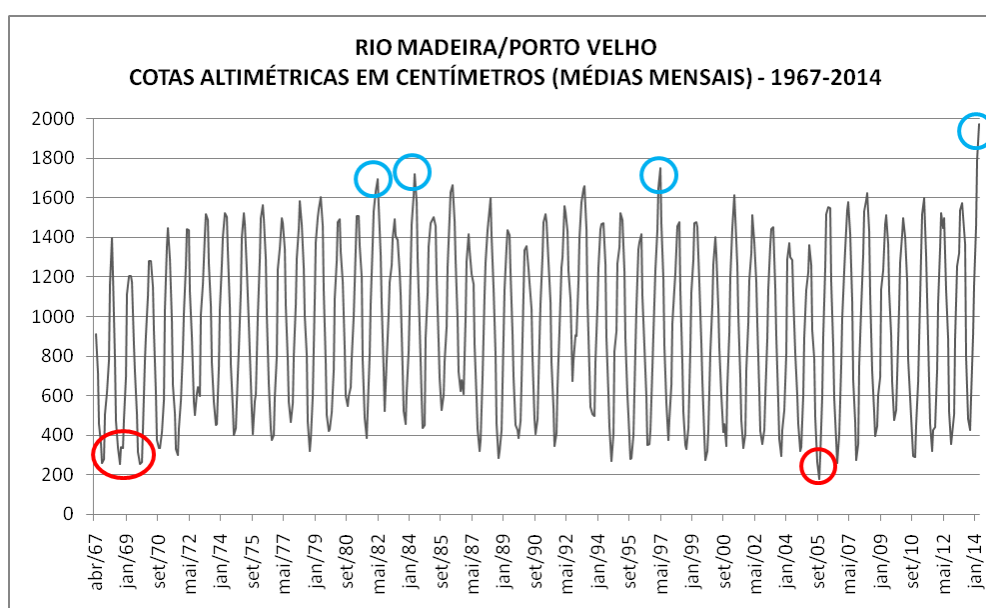


Figura 23

Rio Madeira em Porto Velho: médias mensais das cotas altimétricas (em centímetros) - 1967-2014

Fonte: Hidroweb; CPRM e ANA – Elaboração: FRANCA, R. R.

Em um estudo sobre a variabilidade do clima no período 1945-2005 em Porto Velho, Silva (2010) destaca os anos de 1952, 1963, 1988 e 1998 como os mais secos da série, sendo 1988 o ano mais discrepante, com menor volume pluviométrico total (1220 mm); e os anos de 1947, 1953, 1972, 1974, 1989, 1993, 1994 e 2001 como os mais chuvosos, sendo 1953 o que apresentou o maior acumulado (2859,7 mm). O autor não observou tendências ou variações significativas em relação ao aumento ou diminuição da precipitação.²⁶

Santos Neto (2014) realizou um minucioso estudo sobre a distribuição temporal das chuvas em Porto Velho (RO) no período 1998-2013 e concluiu que a duração média anual dos eventos de chuva na localidade é de 1,8 horas, sendo que 86% deles tem menos de 3 horas de duração (eventos mais duradouros ocorrem no verão). Já os eventos mais intensos de chuva ocorrem durante a tarde (16 horas – horário local) e apresentam até 1 hora de duração em 80% dos casos, o que denota características convectivas das chuvas na região.

Este autor observou, também, tendência de decréscimo no total de eventos de precipitação brandas e intensas ao longo do período analisado, ainda que o volume total de chuva não tenha apresentado diminuição. Tal fato sugere que os eventos de chuva possam estar ocorrendo de forma mais concentrada. No entanto, não é possível identificar se a diminuição no total de eventos precipitantes está relacionada ao crescimento urbano de Porto Velho ou a oscilações naturais do clima, devido ao curto período de dados disponíveis.

Apesar do crescente antropismo no bioma amazônico, pesquisas recentes indicam tendências conflitantes e não unidirecionais quanto ao aumento ou redução das chuvas pelo desmatamento na região. Para Marengo e Nobre (2009), a atividade convectiva não apresentou grande variação nas últimas décadas e no que se refere ao comportamento das chuvas são “mais notórias as tendências interanuais e interdecenais típicas da variabilidade natural do clima” (p. 198). Cohen *et al.* (2007) relatam falta de consenso na utilização de Modelos de Circulação Geral

²⁶ Já para temperatura média, máxima e mínima, o autor observou aumento das duas primeiras e redução da última, sobretudo a partir dos anos 70 do século XX. A umidade relativa do ar apresentou uma tendência de redução, principalmente após a década de 80. Os resultados parecem estar relacionados mais a aspectos da escala local – ilha de calor urbano – do que a possíveis impactos do desmatamento no clima da Amazônia.

(MCG) no que se refere à a redução generalizada das chuvas pelo desmatamento na região.

Segundo Marengo e Nobre (2009) não há uniformidade nos sinais e nem comprovação de que o aumento global da temperatura reduziria a chuva na Amazônia ou que causaria sua savanização. No entanto, os autores citados coincidem ao relacionar as secas intensas na região ao aquecimento anormal das águas do Atlântico Norte e ao *El Niño* no Pacífico.

Marengo (2009) ressalta que, a despeito do conhecimento científico acerca da estreita relação entre desmatamento e redução da precipitação e da evapotranspiração, o sul da Amazônia – justamente a região com maiores taxas de desmatamento – tem mostrado um ligeiro aumento das chuvas. Para o autor é evidente que as atividades humanas afetam o balanço de água e energia, no entanto, diante da complexidade de relações entre atmosfera, ecossistemas terrestres e sistemas hidrológicos é difícil estimar como, de fato, o antropismo crescente interfere nas chuvas. Segundo o autor, trabalhos recentes têm mostrado tendências contraditórias sobre comportamento das chuvas na região, inclusive entre o sul e norte amazônico. Já o efeito do *El Niño* se mostrou mais forte no norte da Amazônia e muito fraco no sul da região.

As análises desse autor mostraram que o norte da Amazônia exhibe tendências positivas no comportamento das chuvas entre 1940-1962 e negativas entre 1962-1982. Esse setor da região apresentou um período úmido entre 1950-1976, o que coincide com um período de águas frias no Pacífico. Períodos secos foram observados entre 1928-1942; 1978-1984 e 1990-1994. Já na Amazônia Meridional, foi observado um curto período úmido entre 1930-1940 e tendências positivas desde 1975, enquanto entre 1960-1972 ocorreu um curto período seco. O autor destaca que não há relação entre tal comportamento e o *El Niño*.

Paiva e Clarke (1995) analisaram séries temporais de precipitação pluvial de 48 localidades da bacia amazônica e encontraram tendências negativas na Amazônia Ocidental e Central e positivas no leste da região. Gentry e López-Parodi (1980) *apud* Marengo (2009) identificaram períodos úmidos em meados dos anos 1970 e 1990 no norte da região amazônica e um período mais seco na década de 1980 a partir de registros do nível dos rios da Amazônia. Os autores destacam os períodos 1962-78 e 1971-92 pelos altos níveis do rio Amazonas em Iquitos (Peru) e incremento da convecção e precipitação pluvial no noroeste da Amazônia. Contudo,

Marengo afirma que, por se tratarem de curtos períodos, tais anomalias fazem parte de uma variabilidade natural de baixa frequência do clima e não de efeitos de mudanças climáticas.

Santos e Sansigolo (2010) utilizaram o Índice de Precipitação Normalizada (IPN) proposto por McKee *et al.* (1993) para encontrar tendências no comportamento da chuva em Belém, Manaus e Iauaretê (AM) no período 1925-2007. Os autores concluíram que, qualquer que seja a escala temporal empregada no IPN, as frequências de eventos chuvosos extremos e muito extremos foram superiores à dos eventos secos, principalmente em Iauaretê. Contudo, não observaram tendências lineares de longo prazo significativas.

Altamirano e Sansigolo (2010) utilizaram o IPN na escala de 6 meses para analisar a variabilidade decenal da precipitação pluvial no sul da Amazônia (Rondônia, Mato Grosso e Tocantins) no período 1958-2001 e concluíram que os decênios mais chuvoso e seco foram, respectivamente, 1970 e 1960 e os estados que apresentaram as maiores porcentagens de áreas com eventos severos, extremos e muitos extremos de chuva e seca foram Tocantins e Rondônia. Os autores afirmam que as variações podem estar associadas à Oscilação Decadal do Pacífico e que o sul da Amazônia como um todo não apresentou aumento de eventos secos ou chuvosos.

Por outro lado, Debortoli (2013) observou, por meio de diferentes testes estatísticos, decréscimo da precipitação pluvial entre o sul da Amazônia e o Cerrado, região do Arco do Desmatamento. O estudo realizado para o período 1970-2010 utilizou dados de 207 estações pluviométricas. Os resultados indicam que a redução da pluviosidade foi mais visível na primavera e outono e que houve, ainda, um encurtamento significativo do período chuvoso. No entanto, o autor não conseguiu estabelecer relações entre essa redução e os dados de desmatamento no período.

Em outro trabalho, Souza *et al.* (2014) não encontraram relações claras entre o uso e ocupação do solo em Rondônia e a ocorrência dos eventos pluviais extremos, mas observaram interferências dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* que podem ter gerado, respectivamente, redução e aumento desses eventos.

Portanto, grosso modo, ainda não existem evidências significativas de mudanças climáticas recentes na região amazônica, especialmente no que tange ao comportamento da pluviosidade. A ausência de consenso sobre o estabelecimento de tendências no comportamento climatológico da precipitação pluvial na Amazônia

decorre, muito provavelmente, da dificuldade em compreender integralmente a complexidade de sistemas e fatores envolvidos na produção do tempo e clima na região, além da escassez de dados meteorológicos e de séries temporais longas e confiáveis.

Desse modo, a hipótese de que, de fato, não há mudança climática em curso e de que os eventos extremos recentes registrados sejam resultado da variabilidade natural do clima na Amazônia merece ser considerada. O capítulo seguinte se propõe a averiguar e discutir essas questões para a área de estudo desta Tese.

3 EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Este capítulo apresenta os resultados das análises acerca da ocorrência de eventos pluviais extremos sobre o recorte espacial desta pesquisa – a Amazônia Meridional. São analisados o comportamento, dinâmica, variabilidade e tendências da precipitação pluvial na área de estudo, assim como a distribuição têmporo-espacial dos episódios extremos (chuvosos e secos).

3.1 Climatologia da precipitação pluvial na Amazônia Meridional

As análises climatológicas dos dados de chuva para o período 1981-2011 indicam que o volume acumulado médio anual na Amazônia Meridional é de 1870,7 mm. Embora elevado, esse volume concentra-se nos meses do verão do Hemisfério Sul, ou seja, entre dezembro e março. O trimestre mais chuvoso do ano (TMC) na região é constituído por dezembro (278,3 mm), janeiro (302,9 mm) e fevereiro (282,6 mm), quando ocorre quase metade de toda a chuva anual (863,8 mm ou 46,2 % do total). De forma antagônica, o trimestre composto por junho (18,4 mm), julho (12,2 mm) e agosto (25,6 mm) – inverno no Hemisfério Sul – quase não registra chuva e contribui com apenas 56,2 mm ou ínfimos 3,0 % do total anual. Esse é o trimestre mais seco do ano (TMS). Os dados confirmam a forte sazonalidade do regime pluvial do sul da região amazônica, característica determinada pela dinâmica atmosférica regional e comum a praticamente todo o interior do Brasil (figura 24).

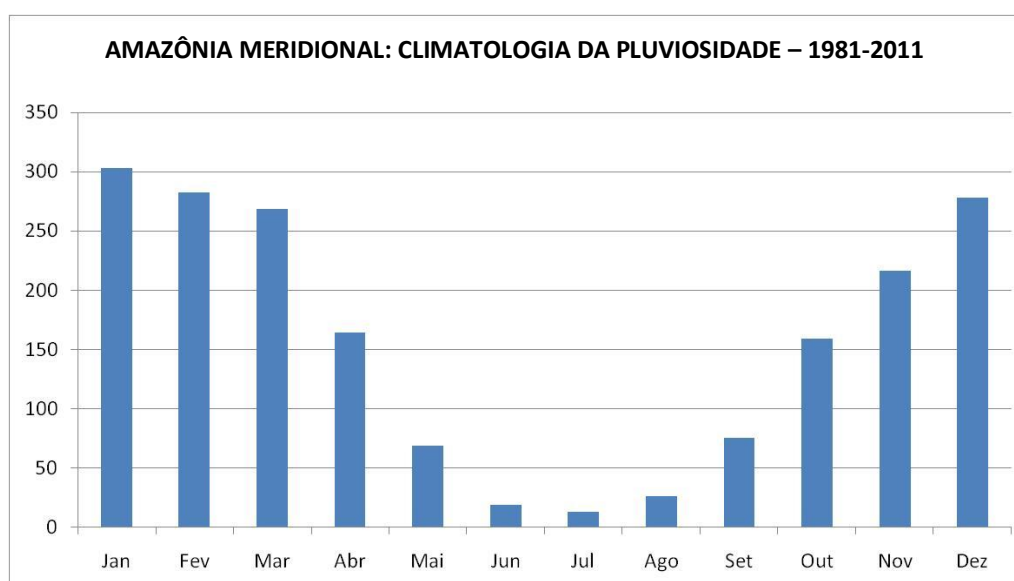


Figura 24
Amazônia Meridional: climatologia da pluviosidade – 1981-2011
Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

No que se refere à distribuição espacial da chuva na região, destacam-se as localidades de Lábrea (2374 mm/ano), no sul do Amazonas, Machadinho d'Oeste (2243,8 mm/ano) e Porto Velho (2235,4 mm/ano), no norte de Rondônia, como as de maior pluviosidade. Essa característica provavelmente decorre da favorável posição geográfica dessas localidades frente à atuação dos principais sistemas produtores de chuva da região, a exemplo da Massa Equatorial Continental, dentre outros conforme apresentado e discutido no capítulo 2. Em posição oposta, as localidades de Capixaba (1547 mm/ano) e Brasiléia (1588,2 mm/ano), no sudeste do Acre, e Chupinguaia (1564,5 mm/ano), no sul de Rondônia, tiveram os menores volumes médios de chuva anual. Esses valores estão relacionados à atuação de sistemas produtores de tempo estável, como a Massa Tropical Continental. O restante da região apresentou valores intermediários, sempre com incremento em direção ao norte (figura 25).

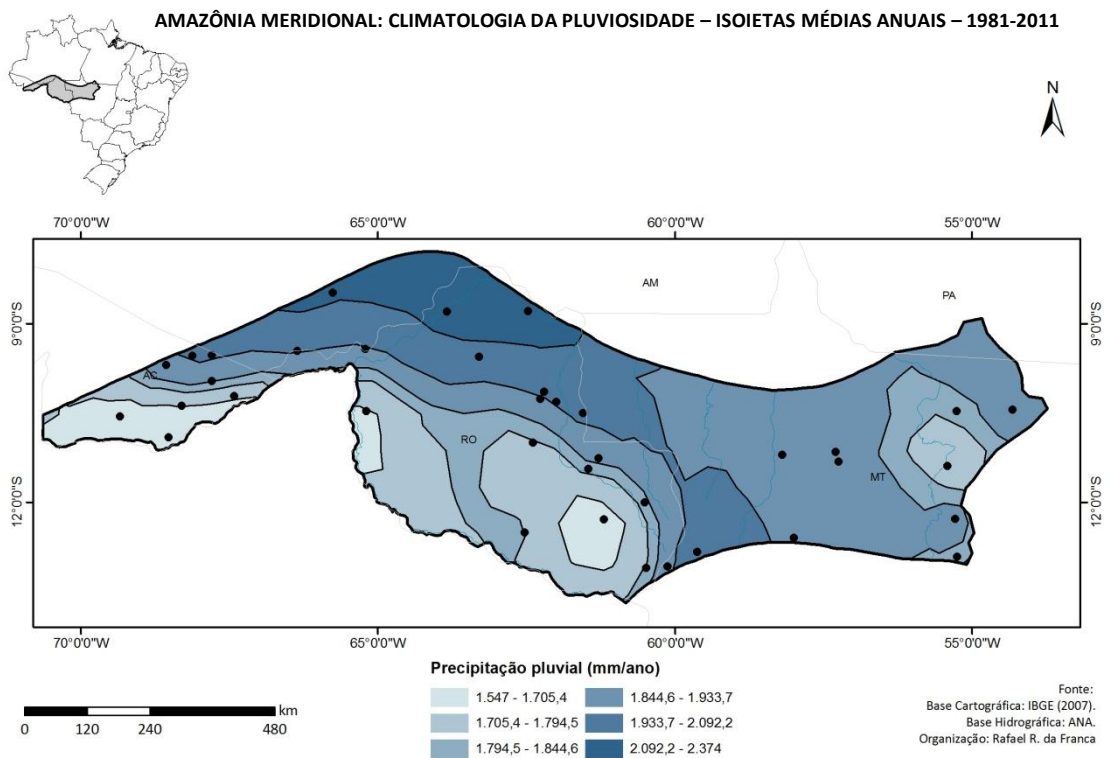


Figura 25
 Amazônia Meridional: climatologia da pluviosidade – isoietas médias anuais – 1981-2011
 Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Considerando apenas o TMC, a localidade com maior volume médio acumulado é Lábrea (AM), com 1022,0 mm, seguida por Comodoro (MT), com

1009,5 mm e Brasnorte (MT), que apresentou 999,1 mm no período composto por dezembro, janeiro e fevereiro. Em posição oposta estão as localidades de Brasiléia (651,6 mm) Capixaba (681,6 mm), e Xapuri (700,5 mm), no sudeste do Acre, e Guajará-Mirim (700,5 mm) no oeste de Rondônia, com estação chuvosa menos proeminente (figura 26).

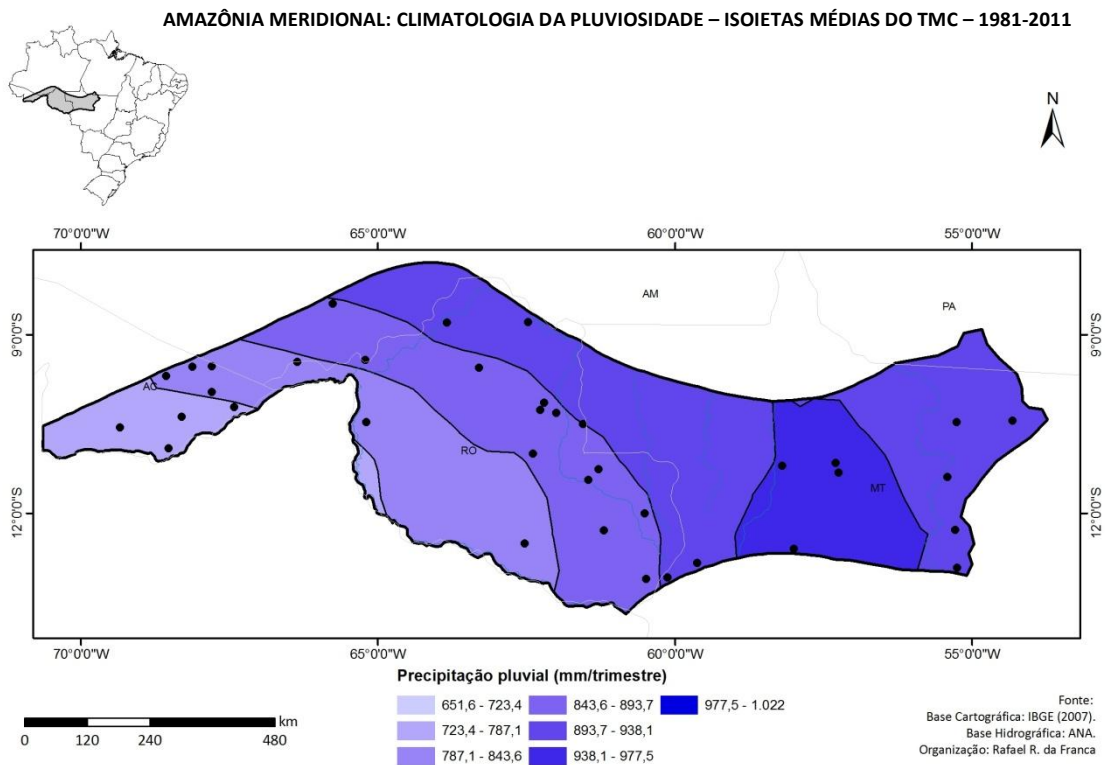


Figura 26
Amazônia Meridional: climatologia da pluviosidade – isoietas médias do TMC – 1981-2011
Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

No TMS, os menores volumes médios acumulados foram os de Feliz Natal (10,3 mm), Marcelândia (13,6 mm), Vila Rica (13,7 mm), Sinop (13,8 mm), Brasnorte (14,7 mm) e Porto Alegre do Norte (15,1 mm). Todas essas localidades estão no centro-norte do Mato Grosso, o que ressalta a expressividade da estação seca na região central do Brasil. Antagonicamente, Lábrea (AM), com 139,8 mm, Rio Branco (AC) – 119,6 mm, Porto Velho (RO) – 114,6 mm e Bujari, no nordeste do Acre, com 111,9 mm, foram as localidades que apresentaram maior volume médio de chuva no trimestre mais seco do ano, o que sugere estação seca menos severa ao norte da região. Isso se deve, provavelmente, à atuação mais frequente de sistemas produtores de chuva e à disponibilidade de umidade do próprio bioma amazônico (figura 27).

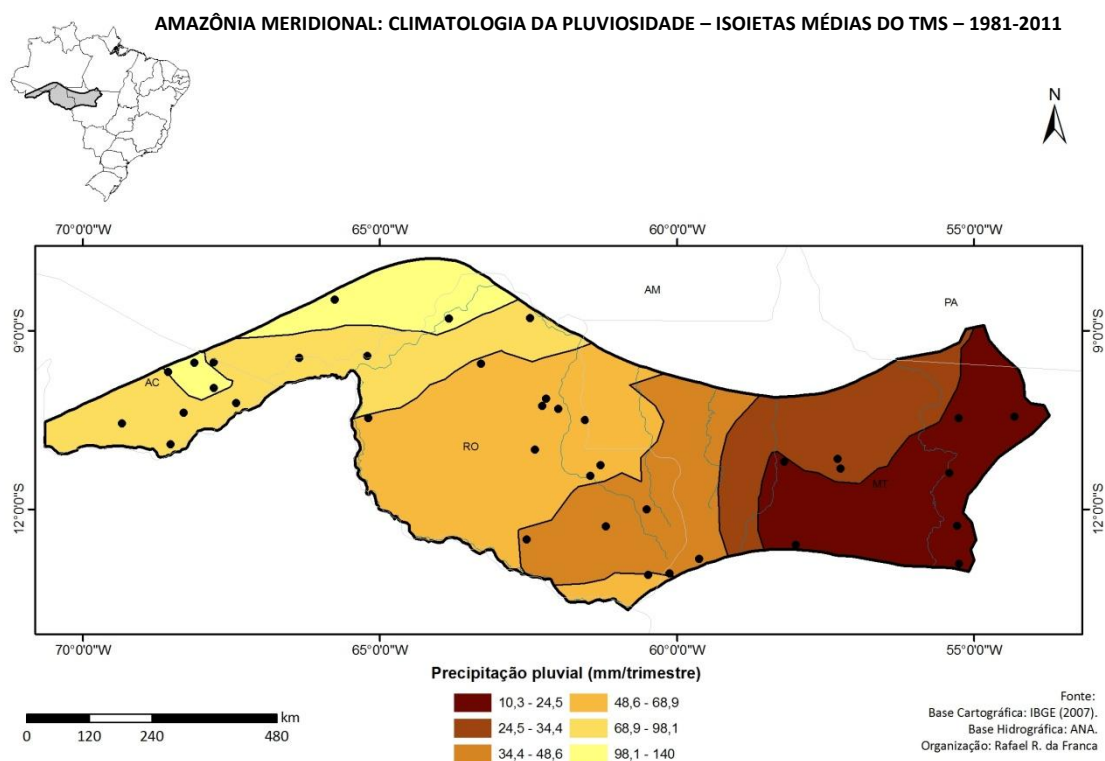


Figura 27

Amazônia Meridional: climatologia da pluviosidade – isoietas médias do TMS – 1981-2011

Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

O cálculo das medidas de dispersão – desvio padrão e coeficiente de variação – nesse conjunto de dados permitiu determinar os meses de menor e maior variabilidade espacial das chuvas na região, ou seja, respectivamente, os meses mais e menos homogêneos no que diz respeito à distribuição espacial das chuvas na Amazônia Meridional (tabela 2). Por apresentar valores de chuva bastante heterogêneos ao longo do ano, optou-se por realizar esta análise a partir do coeficiente de variação, medida de dispersão relativa que evita os equívocos do desvio padrão ao comparar dados de grandezas diferentes.

Nesse sentido, os meses com menores coeficientes de variação, portanto mais espacialmente homogêneos, pertencem à estação chuvosa – março (CV=11,5 %), janeiro (CV=11,6%) e novembro (CV=11,8%). Já os meses de julho (CV=77,4%), junho (CV=68,9) e agosto (CV=53,4) apresentaram os maiores valores desse índice e foram, desse modo, os mais espacialmente desiguais na distribuição das chuvas na região, isto é, mais heterogêneos. Tal fato provavelmente se explica por duas razões: 1) no inverno (estação seca), o Mato Grosso é consideravelmente mais afetado por sistemas causadores de tempo seco e estável do que o extremo

norte de Rondônia, o sul do Amazonas e o nordeste do Acre; e 2) já no verão (estação chuvosa), a maior parte da região, inclusive Mato Grosso, é igualmente afetada por sistemas produtores de chuva, a exemplo da Zona de Convergência do Atlântico Sul - amplo canal de umidade entre a Amazônia e o litoral do Sudeste do país.

TABELA 2: CLIMATOLOGIA DA PLUVIOSIDADE NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Mês	Média regional (X mm)	Desvio padrão (S mm)	Coeficiente de variação (CV %)
Jan	302,9	35,1	11,6
Fev	282,6	33,7	11,9
Mar	268,1	30,7	11,5
Abr	164,3	33,3	20,3
Mai	68,0	27,1	39,8
Jun	18,4	12,7	68,9
Jul	12,2	9,5	77,4
Ago	25,6	13,7	53,4
Set	75,2	15,5	20,6
Out	158,8	19,7	12,4
Nov	216,2	25,5	11,8
Dez	278,3	40,7	14,6
Anual	1870,7	193,1	10,3
TMS	56,2	33,7	59,8
TMC	863,8	101,5	11,8

Fonte: ANA e INMET
Elaboração: FRANCA, R. R.

As análises realizadas nesta seção ampliam o conhecimento sobre a distribuição intra-anual da precipitação pluvial na região, bem como de sua repartição espacial. Já as análises seguintes contribuirão para o entendimento sobre a distribuição temporal – interanual e intersazonal – das chuvas na Amazônia Meridional, o que permitirá a definição de anos habituais e extremos (secos e chuvosos).

3.2 Variabilidade interanual e intersazonal da precipitação pluvial

A análise sobre o comportamento temporal da precipitação pluvial no período 1981-2011 evidencia o ritmo interanual da distribuição das chuvas na Amazônia Meridional, assim como a ocorrência – esperada – de desvios, anomalias e extremos em relação às médias climatológicas. O gráfico (figura 28) representa a

variabilidade interanual da precipitação pluvial na Amazônia Meridional no período 1981-2011. Seu eixo horizontal está disposto sobre o valor 1870,7 mm – média climatológica regional para o período – em torno do qual são projetados os valores anuais observados na região. Outra linha – reta de regressão linear – indica ligeira tendência de redução da precipitação pluvial ao longo do período da série. Como a variabilidade do conjunto de dados é elevada, muito pouco pôde ser explicado ou predito pelo modelo linear. Apenas 1,82 % da variação do comportamento da chuva na área de estudo é ajustada pela reta linear ($r^2=0,0182$).

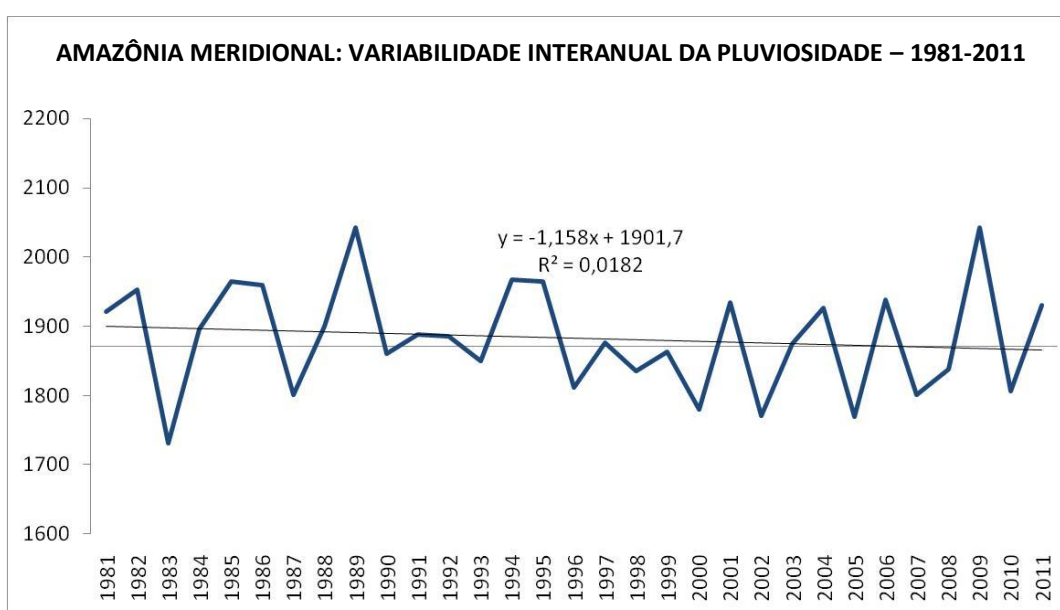


Figura 28
 Amazônia Meridional: variabilidade interanual da pluviosidade - 1981-2011
 Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Ao longo desse período, os anos mais chuvosos na Amazônia Meridional foram 1989 (2041,8 mm em média), 2009 (2041,4 mm) e 1994 (1967,0 mm). Em situação oposta, os anos de 1983 (1731,6 mm), 2005 (1769,8 mm), e 2002 (1770,5 mm) se caracterizaram por seus baixos volumes de chuva, sendo os mais secos da série para o conjunto regional. Já os anos de 2003 (1875,5 mm) e 1997 (1875,7 mm) foram aqueles que apresentaram valores médios de chuva mais próximos a media climatológica do período, com anomalia de apenas +0,3%.

O cálculo das medidas de dispersão – desvio padrão e coeficiente de variação – permite analisar o comportamento espacial dos dados para cada ano. Anos que apresentam menores coeficientes de variação são mais espacialmente homogêneos no que se refere ao comportamento da chuva na região. Por outro

lado, anos com maiores coeficientes de variação apresentam comportamento regional mais diversificado e heterogêneo. Nesse caso, os maiores coeficientes de variação foram encontrados nos anos de 1993 (CV=23%), 2008 (CV=22,3%) e 1990 (CV=22,3%). Já 2003 (CV=12,6%), 2005 (CV=13,7%) e 1997 (CV=13,7%) se destacaram por apresentarem baixa dispersão dos volumes de chuva entre as localidades, dado que merece atenção. Considerando que 2005 foi um ano caracterizado por uma expressiva seca, o baixo coeficiente de variação revela o comportamento semelhante das localidades ante o fenômeno, o que sugere grande abrangência espacial do evento dentro dos limites da Amazônia Meridional. A tabela 3 a seguir completa a análise.

TABELA 3: VARIABILIDADE INTERANUAL DA PLUVIOSIDADE NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Ano	Média regional (X mm)	Desvio padrão (S mm)	Coeficiente de variação (CV %)	Anomalia (%)
1981	1921,5	399,5	20,8	2,7
1982	1952,7	320,5	16,4	4,4
1983	1731,6	303,3	17,5	-7,4
1984	1895,8	315,9	16,7	1,3
1985	1964,7	340,2	17,3	5,0
1986	1958,7	361,2	18,4	4,7
1987	1801,2	300,4	16,7	-3,7
1988	1899,4	388,9	20,5	1,5
1989	2041,8	369,1	18,1	9,1
1990	1859,9	414,8	22,3	-0,6
1991	1887,4	303,7	16,1	0,9
1992	1886,0	382,8	20,3	0,8
1993	1850,2	426,5	23,0	-1,1
1994	1967,0	357,1	18,2	5,1
1995	1964,8	318,6	16,2	5,0
1996	1811,8	302,1	16,7	-3,1
1997	1875,7	256,5	13,7	0,3
1998	1835,0	316,2	17,2	-1,9
1999	1863,1	263,9	14,2	-0,4
2000	1779,7	287,2	16,1	-4,9
2001	1934,6	313,3	16,2	3,4
2002	1770,5	346,9	19,6	-5,4
2003	1875,5	235,7	12,6	0,3
2004	1926,0	349,2	18,1	3,0
2005	1769,8	241,6	13,7	-5,4

continua

TABELA 3: VARIABILIDADE INTERANUAL DA PLUVIOSIDADE NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Ano	Média regional (X mm)	Desvio padrão (S mm)	Coeficiente de variação (CV %)	conclusão
				Anomalia (%)
2006	1938,0	335,7	17,3	3,6
2007	1801,2	302,5	16,8	-3,7
2008	1838,1	410,6	22,3	-1,7
2009	2041,4	320,0	15,7	9,1
2010	1805,9	304,3	16,9	-3,5
2011	1929,9	368,8	19,1	3,2
Período	1870,7	330,9	17,6	-

Fonte: ANA e INMET
Elaboração: FRANCA, R. R.

3.2.1 Variabilidade intersazonal na estação chuvosa

As análises seguintes consideram a principal característica do regime pluvial da Amazônia Meridional – sua sazonalidade. Conforme apresentado na seção anterior, a área de estudo apresenta trimestre mais seco do ano (TMS) centrado nos meses junho, julho, agosto e trimestre mais chuvoso (TMC) em dezembro, janeiro, fevereiro.

No período 1981-2011, a Amazônia Meridional apresentou TMC com média climatológica de 863,8 mm, valor sobre o qual o eixo horizontal do gráfico 8 está disposto. Em torno desse eixo é apresentado o comportamento interanual das chuvas nesse trimestre, assim como a reta de regressão linear (figura 29).

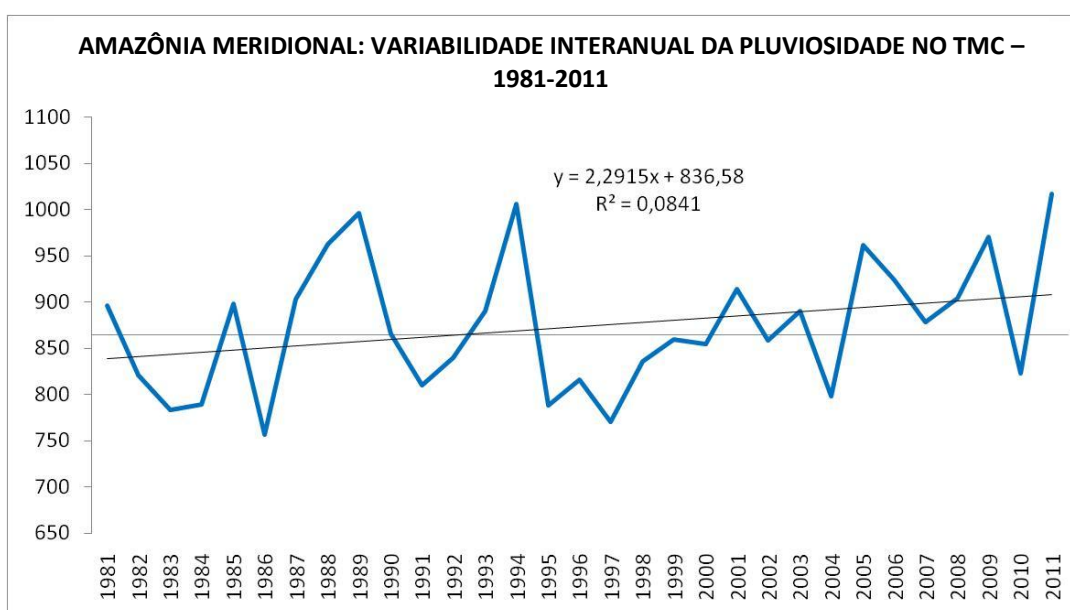


Figura 29

Amazônia Meridional: variabilidade interanual da pluviosidade no TMC - 1981-2011

Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

As maiores anomalias positivas observadas no período foram as de 2011/12 (+17,7 %), 1994/95 (+16,4 %) e 1989/90 (+15,3 %). Em situação oposta, com anomalias negativas na estação chuvosa, estão os anos de 1986/87 (-12,5 %), 1997/98 (-10,8 %), 1983/84 (-9,4 %), 1995/96 (-8,8 %) e 1984/85 (-8,7 %). Já os anos de 1990/91 (+0,1 %) e 1999/00 (-0,5 %) apresentaram comportamento praticamente habitual, isto é, sem anomalias no TMC.

A reta de regressão linear sugere suave tendência de aumento das chuvas ao longo do período. No entanto, o coeficiente de determinação (r^2) indica que apenas 8,41 % dos dados se ajustam a equação linear. É interessante notar, contudo, que o comportamento linear da série pode ser dividido em dois subperíodos: o primeiro, de 1981 a 1995, no qual a tendência linear é menor ($r^2=0,05$); e o segundo, de 1996 a 2011, que apresentou considerável tendência de aumento das chuvas – com quase 40% dos dados ajustados pelo modelo linear ($r^2=0,39$). Essa análise sugere um recente aumento das chuvas durante a estação chuvosa na Amazônia Meridional (figura 30a; 30b).

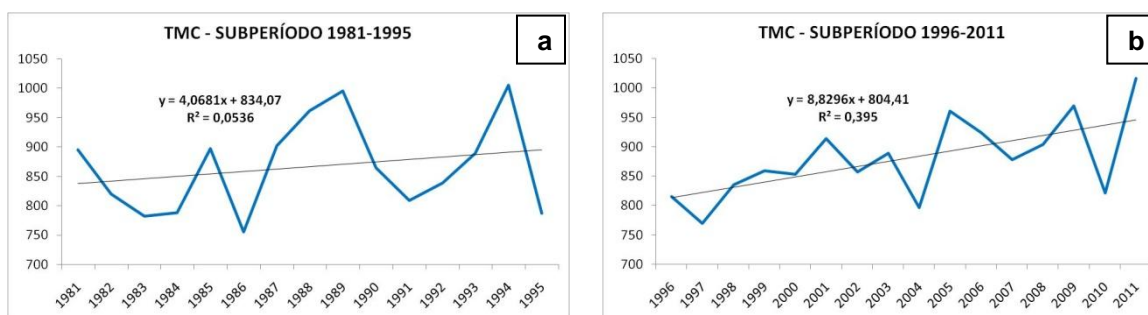


Figura 30

Amazônia Meridional: variabilidade interanual da pluviosidade no TMC – 1981-1995 (a); 1996-2011(b)

Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Quanto às medidas de dispersão, os resultados mostram que os anos mais espacialmente homogêneos no que se refere à distribuição das chuvas no TMC entre as 41 localidades da Amazônia Meridional foram 2005/06 (CV=16,2%) e 1998/99 (CV=17,3%). Já 2011/12 (CV=34,2%) foi o ano mais desigual e heterogêneo na região durante a estação chuvosa. A tabela 4 a seguir apresenta as médias, desvio padrão, coeficiente de variação e anomalias para cada ano do período.

TABELA 4: VARIABILIDADE INTERANUAL DA PLUVIOSIDADE NO TMC NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Ano	Média regional (X mm)	Desvio padrão (S mm)	Coeficiente de variação (CV %)	Anomalia (%)
1981/82	895,5	165,7	18,5	3,7
1982/83	820,7	205,3	25,0	-5,0
1983/84	782,7	190,5	24,3	-9,4
1984/85	788,6	188,0	23,8	-8,7
1985/86	898,2	199,7	22,2	4,0
1986/87	756,0	151,0	20,0	-12,5
1987/88	902,5	232,4	25,7	4,5
1988/89	962,1	229,2	23,8	11,4
1989/90	995,6	295,0	29,6	15,3
1990/91	865,0	157,7	18,2	0,1
1991/92	809,7	169,1	20,9	-6,3
1992/93	839,6	213,7	25,4	-2,8
1993/94	889,7	218,2	24,5	3,0
1994/95	1005,8	305,2	30,3	16,4
1995/96	787,5	199,0	25,3	-8,8
1996/97	815,9	157,8	19,3	-5,5
1997/98	770,1	203,7	26,5	-10,8
1998/99	835,6	144,9	17,3	-3,3
1999/00	859,6	208,4	24,2	-0,5
2000/01	854,2	200,9	23,5	-1,1
2001/02	914,1	199,6	21,8	5,8
2002/03	858,0	160,0	18,6	-0,7
2003/04	889,8	191,2	21,5	3,0
2004/05	797,5	148,4	18,6	-7,7
2005/06	961,4	156,0	16,2	11,3
2006/07	923,8	193,3	20,9	6,9
2007/08	878,3	247,7	28,2	1,7
2008/09	904,1	197,3	21,8	4,7
2009/10	970,1	182,7	18,8	12,3
2010/11	822,0	223,1	27,1	-4,8
2011/12	1016,8	347,9	34,2	17,7
Período	863,8	202,7	23,1	-

Fonte: ANA e INMET
Elaboração: FRANCA, R. R.

3.2.2 Variabilidade intersazonal na estação seca

O gráfico a seguir (figura 31) representa o comportamento interanual das chuvas durante o trimestre mais seco do ano na Amazônia Meridional. No período

1981-2011, o TMS apresentou média climatológica de 56,2 mm, valor sobre o qual está disposto o eixo horizontal do gráfico.

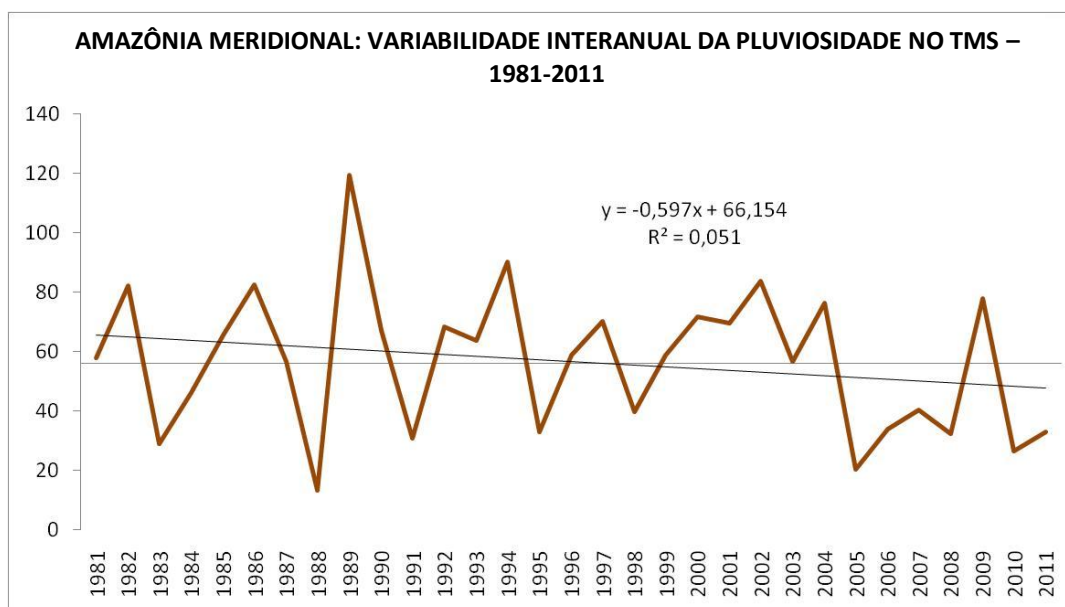


Figura 31

Amazônia Meridional: variabilidade interanual da pluviosidade no TMS - 1981-2011

Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Foram observadas importantes anomalias de chuva durante a estação seca. Alguns anos, como 1989 (119,4 mm) e 1994 (90,1 mm) apresentaram, respectivamente, anomalias de +112,4% e +60,3% no TMS, o que provavelmente amenizou os efeitos da sazonalidade típica do regime pluvial da região. Por outro lado, 1988 (13,3 mm), 2005 (20,3 mm), 2010 (26,6 mm) e 1983 (29 mm) tiveram ainda menos chuva que o normal durante o período mais seco do ano.

Esses resultados coincidem com o conhecimento sobre o histórico de secas na Amazônia e indica que os eventos de 2005, 2010 e 1983 também afetaram a área de estudo. Já anos como 1987 e 2003 apresentaram comportamento habitual, com volumes de chuva igual a 56,6 mm no TMS e anomalia de apenas +0,7 %. É necessário ressaltar que as expressivas anomalias de chuva observadas em alguns anos da série não representam, necessariamente, a ocorrência de um evento extremo. Por apresentar volume de chuva irrisório, o TMS está sujeito à ocorrência de grandes anomalias em função de qualquer pequena alteração em sua média climatológica. Nesse caso, um simples evento de chuva adicional na estação seca pode produzir esse efeito enganoso.

A reta de regressão linear para o período indica ligeira tendência de redução das chuvas no TMS. Novamente, o comportamento errático da série prejudicou o ajustamento dos dados em um modelo linear. O coeficiente de determinação ($r^2=0,051$) indica que apenas 5,1 % dos dados da série são explicados por sua equação.

Por fim, quanto à dispersão espacial dos dados ao longo dos anos, destaca-se a ampla variação regional encontrada nesse trimestre. Alguns anos, como 1988 (CV=161,5%), 1991 (CV=146,5%) e 2006 (CV=133,6%) apresentaram valores altamente heterogêneos entre as 41 localidades da Amazônia Meridional. Os anos com menor variabilidade entre os dados, ou seja, mais homogêneos espacialmente no TMS, foram 1994 (CV=59,0%) e 1989 (CV=60,9%). A tabela 5 a seguir sintetiza esses dados:

TABELA 5: VARIABILIDADE INTERANUAL DA PLUVIOSIDADE NO TMS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Ano	Média regional (X mm)	Desvio padrão (S mm)	Coeficiente de variação (CV %)	Anomalia (%)
1981	57,9	62,4	107,9	2,9
1982	82,1	69,2	84,3	46,1
1983	29,0	28,0	96,6	-48,5
1984	46,3	42,9	92,8	-17,7
1985	65,7	73,9	112,6	16,9
1986	82,5	56,2	68,1	46,7
1987	56,6	61,1	107,9	0,7
1988	13,3	21,4	161,5	-76,4
1989	119,4	72,7	60,9	112,4
1990	67,0	55,9	83,4	19,3
1991	30,8	45,2	146,5	-45,1
1992	68,2	51,5	75,5	21,4
1993	63,6	52,9	83,3	13,1
1994	90,1	53,1	59,0	60,3
1995	33,0	34,3	103,7	-41,2
1996	58,8	56,3	95,7	4,6
1997	70,0	53,9	77,0	24,6
1998	39,8	39,2	98,6	-29,2
1999	58,8	52,4	89,1	4,6
2000	71,6	62,4	87,2	27,4
2001	69,5	61,7	88,8	23,6
2002	83,8	62,6	74,8	49,1
2003	56,6	50,5	89,1	0,8

continua

TABELA 5: VARIABILIDADE INTERANUAL DA PLUVIOSIDADE NO TMS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

Ano	Média regional (X mm)	Desvio padrão (S mm)	Coeficiente de variação (CV %)	conclusão
				Anomalia (%)
2004	76,3	63,0	82,5	35,8
2005	20,3	22,2	109,1	-63,8
2006	33,8	45,2	133,6	-39,8
2007	40,3	31,1	77,2	-28,3
2008	32,2	37,8	117,2	-42,7
2009	77,9	53,0	68,0	38,6
2010	26,6	31,3	117,6	-52,7
2011	33,0	37,9	114,7	-41,2
Período	56,2	49,7	95,6	-

Fonte: ANA e INMET
Elaboração: FRANCA, R. R.

3.3 Anos-padrão habituais e extremos – secos e chuvosos

O estudo sobre eventos pluviais extremos – períodos de seca ou chuvas excepcionais – se baseia no cálculo do desvio padrão e do coeficiente de variação para cada localidade da Amazônia Meridional. O coeficiente de variação oferece a vantagem de permitir comparações entre dados de grandezas diferentes, como entre a estação seca e chuvosa, por exemplo. Quanto maior é o coeficiente de variação, maior é a dispersão do conjunto de dados, ou seja, mais extremos ocorrem ao longo da série temporal. Desse modo, a tabela 6 abaixo apresenta os coeficientes de variação para o período 1981-2011 de cada localidade da área de estudo, considerando o comportamento interanual e intersazonal das chuvas.

TABELA 6: COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA PLUVIOSIDADE - 1981-2011

Código	Localidade	ANUAL	TMC	TMS
1	Abunã/Porto Velho (RO)	16,2	23,1	68,4
2	Ariquemes (RO)	12,0	17,2	66,3
3	Assis Brasil (AC)	19,3	28,1	60,8
4	Brasiléia (AC)	15,6	22,3	58,9
5	Brasnorte (MT)	19,3	36,3	118,7
6	Bujari (AC)	16,9	23,3	55,2
7	Cacoal (RO)	11,7	20,4	88,8
8	Capixaba (AC)	21,4	23,9	46,6
9	Cerejeiras (RO)	15,7	30,5	95,0
10	Chupinguaia (RO)	9,1	17,5	124,9
11	Colíder (MT)	18,2	29,8	124,0

continua

TABELA 6: COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA PLUVIOSIDADE - 1981-2011

Código	Localidade	ANUAL	conclusão	
			TMC	TMS
12	Colorado do Oeste (RO)	11,3	13,2	86,0
13	Comodoro (MT)	11,9	18,3	65,4
14	Costa Marques (RO)	28,0	38,4	86,0
15	Feliz Natal (MT)	12,4	24,7	138,0
16	Gleba Celeste (MT)*	14,7	16,7	120,4
17	Guajará-Mirim (RO)	13,8	24,3	69,1
18	Jaru (RO)	14,8	18,9	103,0
19	Ji-Paraná (RO)	16,5	27,1	78,5
20	Juara (MT)	10,5	16,1	107,8
21	Juína (MT)	13,8	19,8	105,1
22	Lábrea (AM)	13,5	15,7	56,5
23	Machadinho d'Oeste (RO)	14,9	18,8	72,2
24	Marcelândia (MT)	16,4	19,2	127,7
25	Mirante da Serra (RO)	16,6	24,5	65,6
26	Nova Califórnia/Porto Velho (RO)	13,8	19,4	56,8
27	Ouro Preto do Oeste (RO)	14,9	24,2	117,3
28	Pimenta Bueno (RO)	12,2	22,7	80,5
29	Porto Alegre do Norte (MT)	15,6	21,5	144,9
30	Porto dos Gaúchos (MT)	11,7	20,4	121,7
31	Porto Velho (RO)*	15,5	20,9	62,0
32	Rio Branco (AC)*	15,2	20,5	47,4
33	Rolim de Moura (RO)	10,9	16,7	80,2
34	São José do Xingu (MT)	14,7	19,9	186,5
35	Senador Guiomard (AC)	13,1	22,9	49,7
36	Sena Madureira (AC)	14,1	17,7	52,0
37	Sinop (MT)	16,9	22,6	155,1
38	Sorriso (MT)	18,6	23,9	157,4
39	Theobroma (RO)	17,0	23,1	76,3
40	Vila Rica (MT)	12,8	18,8	141,4
41	Xapuri (AC)	17,8	24,0	67,6
-	Média regional	15,1	22,1	92,3

Fonte: ANA e INMET
Elaboração: FRANCA, R. R.

Conforme os dados indicam, a estação seca apresenta extremos muito mais expressivos que a estação chuvosa. A média do coeficiente de variação regional para o TMS foi de 92,3 %, frente a 22,1 % do TMC e 15,1 % para o total anual. Isso significa que a estação seca é mais vulnerável a ocorrência de extremos que os outros dois períodos. Ressalva-se, porém, que tal fato decorre, muito provavelmente, do pequeno volume de chuva observado nessa época do ano.

Assim, qualquer pequeno acréscimo ou redução ao volume climatológico produz um desvio importante em relação à média.

Considerando o total anual, as localidades que apresentaram maior coeficiente de variação ao longo do período na região foram Costa Marques (CV=28 %) e Capixaba (CV=21,4 %). Em Costa Marques (RO), por exemplo, com média climatológica anual de 1821,2 mm, choveu apenas 1217,8 mm no ano de 1996 e 2664,1 mm em 2008. Em posição oposta estão Chupinguaia (CV=9,1 %) e Juara (10,5 %), com volumes interanuais mais homogêneos e menor ocorrência de extremos ao longo do período. O mapa (figura 32) representa a distribuição espacial do coeficiente de variação da chuva anual na Amazônia Meridional. De modo geral, nota-se que as localidades de Rondônia e Acre próximas a fronteira com a Bolívia parecem estar mais habituadas à ocorrência de eventos anuais extremos.

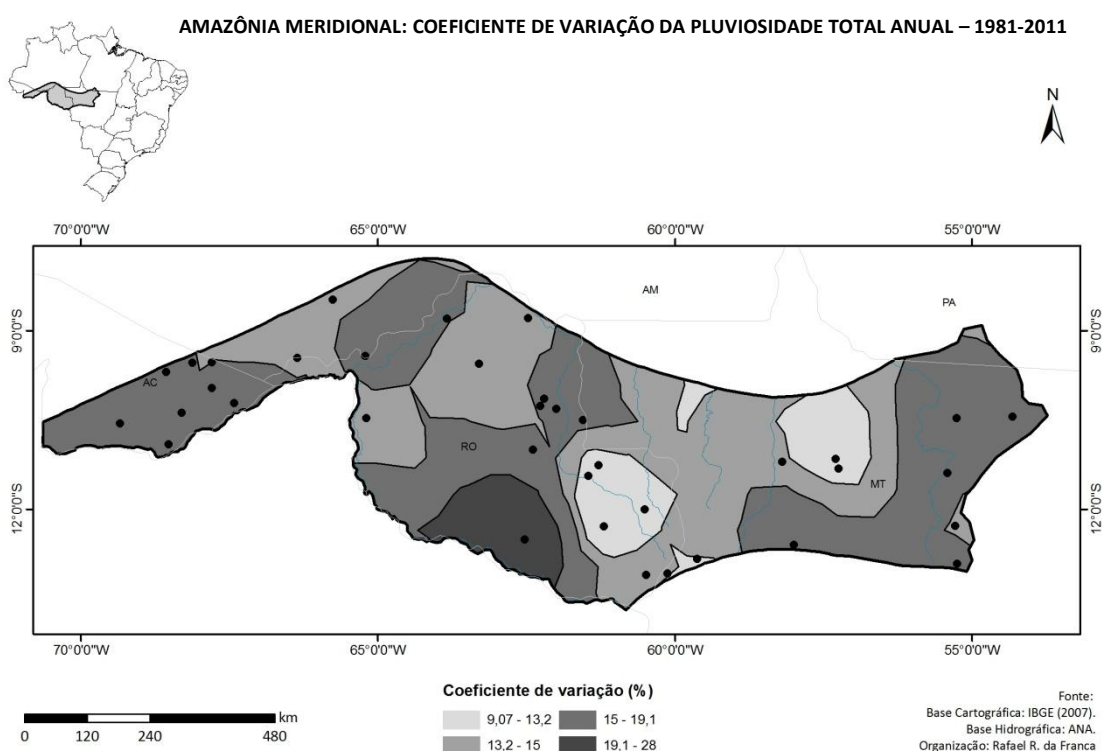


Figura 32

Amazônia Meridional: coeficiente de variação da pluviosidade total anual - 1981-2011

Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

No trimestre mais chuvoso do ano, as localidades de Costa Marques (CV=38,4 %) e Brasnorte (CV = 36,3 %) foram aquelas que apresentaram maiores extremos no período 1981-2011. Em Costa Marques, por exemplo, onde a média climatológica do TMC é de 873,1 mm, foram registrados 1618 mm na estação

chuvosa 2007/08 e apenas 322,6 mm em 2000/01. As localidades que apresentaram menores coeficientes de variação nessa estação foram Colorado do Oeste (CV=13,2 %), Lábrea (CV=15,7 %) e Juara (CV=16,1 %), portanto menos sujeitas à ocorrência de extremos no TMC.

No TMS, São José do Xingu (MT) foi a localidade que apresentou o maior coeficiente de variação: 186,5 %, sendo, desse modo, onde foram observados os maiores extremos para essa época do ano. No município, a média climatológica de chuva no TMS é de apenas 28 mm, no entanto em 1996 choveu 266,9 mm, enquanto que em vários outros anos não houve qualquer registro de chuva nesse trimestre. Sorriso (CV=157,4 %) e Sinop (CV=155,1 %), ambas no Mato Grosso, também se destacaram nesse aspecto. Os menores coeficientes de variação nessa época do ano foram observados nas localidades de Capixaba (CV=46,6 %), Rio Branco (CV=47,4 %) e Senador Guimard (CV=49,7 %), todas localizadas no sudeste do Acre.

Nessa etapa da pesquisa também foram calculados os desvios e coeficientes de variação anual da pluviosidade de todas as localidades ao longo do período 1981-2011, conforme metodologia sugerida por Monteiro e descrita no capítulo introdutório desta Tese. Esse procedimento permitiu identificar anos habituais e extremos. Anos extremos são aqueles com coeficiente de variação anual superior a $\pm 30\%$. Já anos habituais ou normais apresentam volumes de chuva próximo à climatologia e coeficiente de variação de até $\pm 15\%$. A situação intermediária – entre $\pm 15\%$ e $\pm 30\%$ - é denominada normal tendente a chuvoso (NC), no caso de desvio positivo, ou normal tendente a seco (NS), quando o desvio é negativo.

Foram analisados 1005 episódios anuais de chuva na Amazônia Meridional – 41 localidades ao longo do período 1981-2011. Desse total, foram identificadas 719 ocorrências (71,5 %) de anos em situação normal ou habitual, 32 casos (3,2 %) de anos chuvosos, 23 episódios (2,3%) de anos de seca extrema, 116 (11,5%) de anos tendentes a chuvoso e 115 (11,4 %) casos de anos tendentes a seco, conforme gráfico a seguir (figura 33):

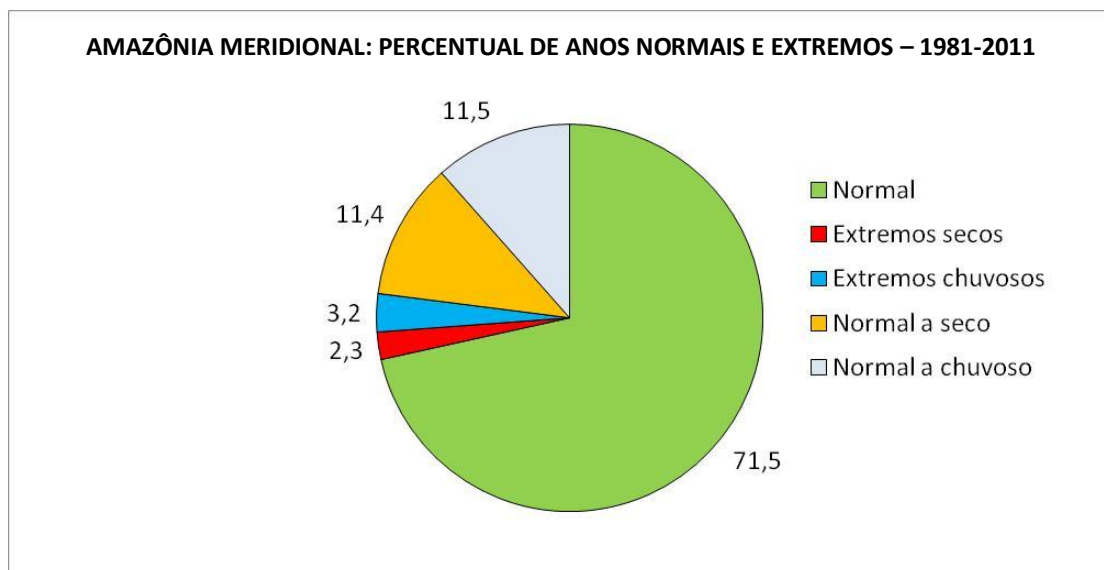


Figura 33

Amazônia Meridional: percentual de anos normais e extremos - 1981-2011
 Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Os anos com maior porcentagem de ocorrências da situação habitual na Amazônia Meridional foram 1991 (88,9 %), 1996 (86,8 %) e 1997 (86,2 %). Já os anos de 2009 (57,1 %), 1982 (60,0 %) e 2008 (60,7 %) apresentaram o menor percentual de casos habituais. O gráfico a seguir (figura 34) representa o percentual de ocorrência de anos habituais na Amazônia Meridional ao longo do período 1981-2011. O teste de regressão linear não indicou nenhuma tendência significativa para aumento ou redução desse tipo de ocorrência ($r^2=0,002$) na região, como pode ser observado também na reta de tendência.

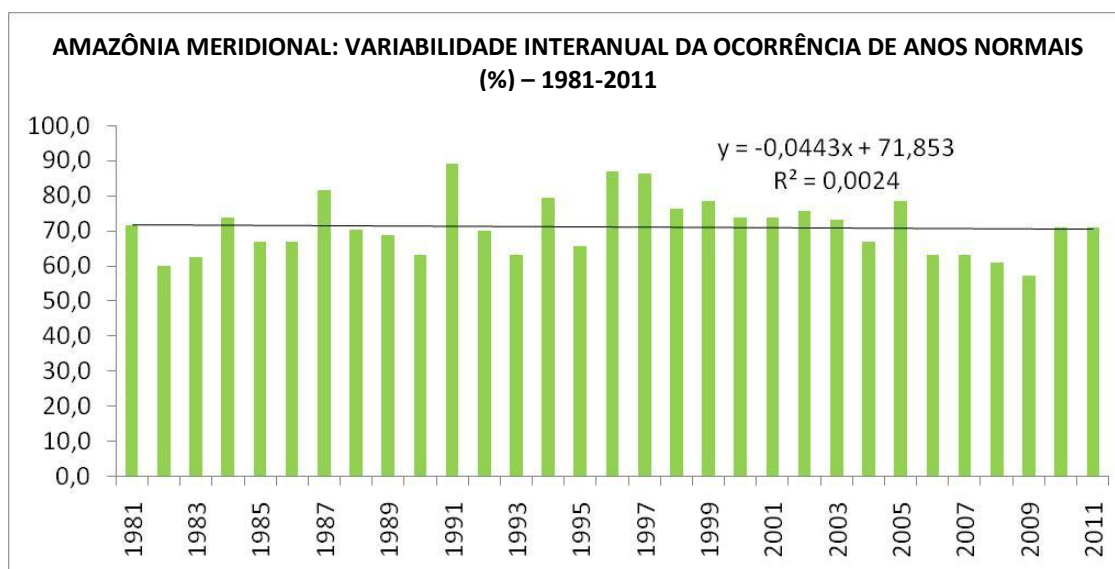


Figura 34

Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos normais (%) - 1981-2011
 Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

A distribuição espacial dos episódios de normalidade mostra que Rolim de Moura (RO), com 87,5% do total de sua série ou 21 ocorrências, Chupinguaia (RO), com 86,7% ou 13 ocorrências, Colorado do Oeste (RO), com 85,7% ou 24 ocorrências e Juara (MT), com 84,6 % ou 22 ocorrências foram as localidades que apresentaram maior habitualidade ao longo do período 1981-2011. Costa Marques (RO), teve a menor proporção de anos habituais: apenas 4 dos 27 anos de dados, ou 14,8 %. O mapa (figura 35) representa o percentual de episódios de anos normais por localidade da Amazônia Meridional. A região central de Rondônia se destaca por seu comportamento caracterizado pelo predomínio de valores de chuva próximos a climatologia do período.

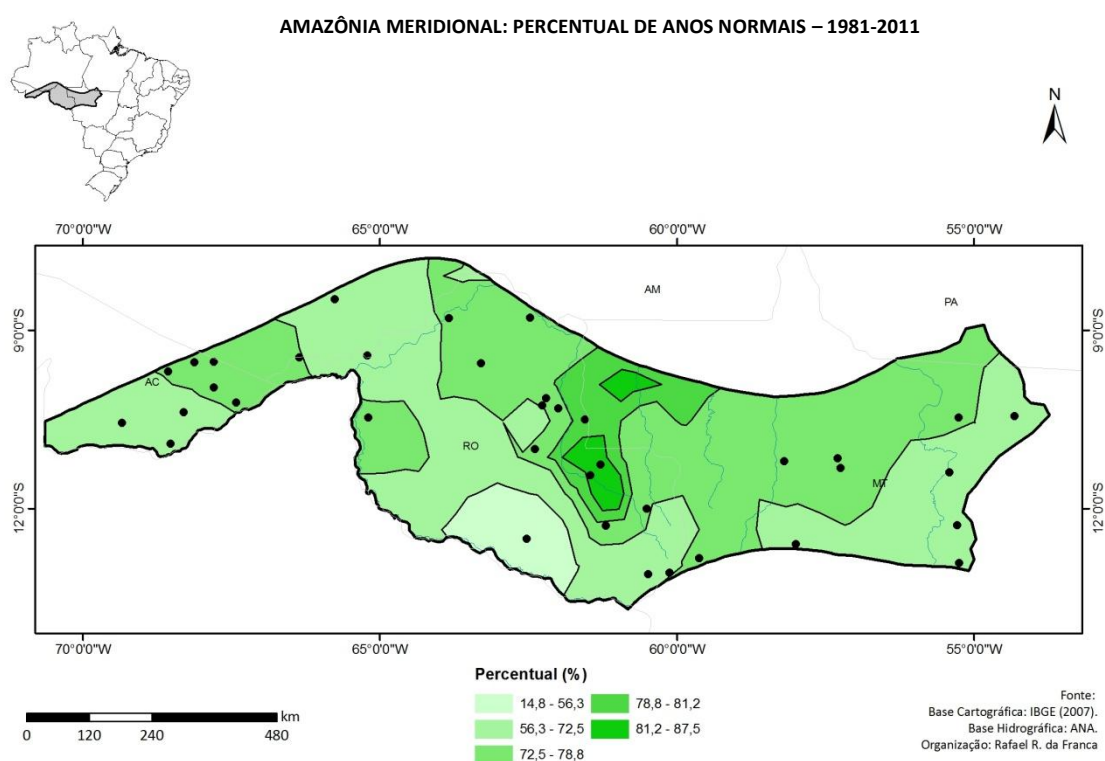


Figura 35
 Amazônia Meridional: percentual de anos normais - 1981-2011
 Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

No que se refere à ocorrência de extremos de chuva, os anos de 2009 (14,3 % do total de sua série) e 2004 (11,1%) foram os que apresentaram maior número de ocorrências na Amazônia Meridional, com quatro casos cada para o conjunto regional. 1989 (9,4 %) e 1993 (8,6 %) também se destacaram, com três ocorrências cada. Alguns anos, como 1981, 1982, 1986, 1987, 1991, 1992, 1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002 e 2005 não apresentaram nenhuma ocorrência de extremos de

chuva. O gráfico a seguir (figura 36) apresenta a variabilidade interanual do percentual de anos extremos de chuva na Amazônia Meridional. A reta de tendência linear sugere suave aumento nesse tipo de episódio na região. No entanto, por apresentar um coeficiente de determinação muito baixo ($r^2=0,04$), essa tendência pode ser considerada irrelevante.

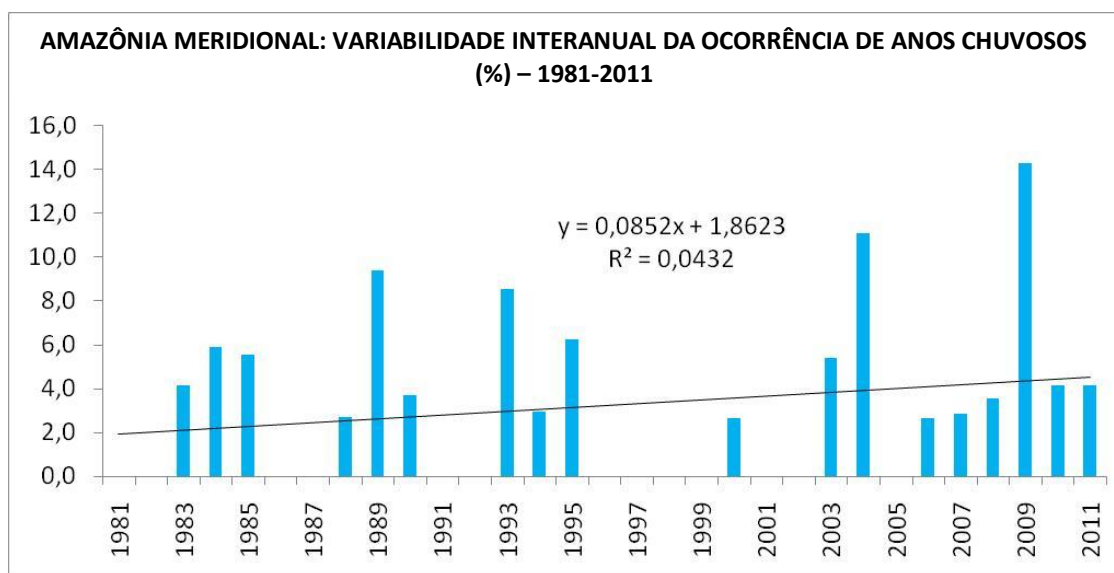


Figura 36

Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos chuvosos (%) - 1981-2011
 Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Quanto à distribuição espacial de episódios extremos de chuva destacam-se as localidades de Costa Marques (RO), com seis casos (22,2 % do total de sua série) e Capixaba (AC), com duas ocorrências ou 13,3 % de seu período. Localidades como Rio Branco (AC), Porto Velho (RO), Rolim de Moura (RO), Guajará-Mirim (RO), entre outras, não apresentaram nenhum episódio classificado como extremo para ocorrência de chuva. O mapa (figura 37) representa o percentual de episódios de anos chuvosos por localidade da Amazônia Meridional. Novamente, é evidente o destaque das regiões próximas à fronteira com a Bolívia na ocorrência de eventos extremos, nesse caso de chuva.

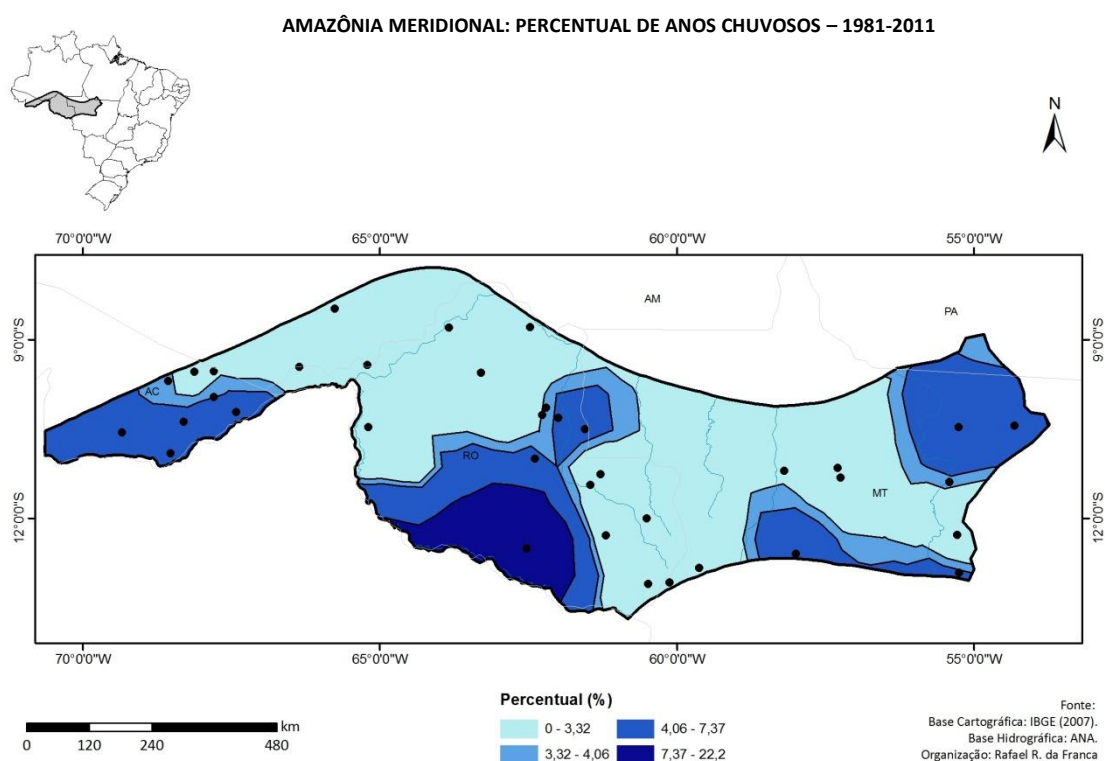


Figura 37
Amazônia Meridional: percentual de anos chuvosos - 1981-2011
Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Em relação aos episódios extremos de seca, destacam-se os anos de 1981 (9,5 % do total), 1983 (8,3 %) e 2010 (8,3 %), com duas ocorrências cada, além de 2002 (8,1 %), com três casos. Os anos de 1998 e 2005, reconhecidos pelo registro de secas expressivas na Amazônia, apresentaram, respectivamente, uma e nenhuma ocorrência de extremos de seca. Por outro lado, esses anos também não apresentaram extremos de chuva. O fato desses anos não terem se destacado nessa análise não significa que a área de estudo não vivenciou o fenômeno. A aplicação da tipologia restritiva de Monteiro pode ter excluído alguns episódios de seca menos extremos. A soma dos coeficientes anuais de todas as localidades mostra que 2005, seguido por 2002, 2000 e 1983 foram os anos com maiores desvios negativos no conjunto regional. Além disso, 2005 é o ano com o segundo menor acumulado de chuva da série.

O gráfico a seguir (figura 38) representa a variabilidade interanual do percentual de anos secos na Amazônia Meridional. A reta de tendência linear sugere suave redução desse tipo de ocorrência na região. No entanto, o baixo coeficiente de determinação ($r^2=0,02$) indica a irrelevância dessa tendência.

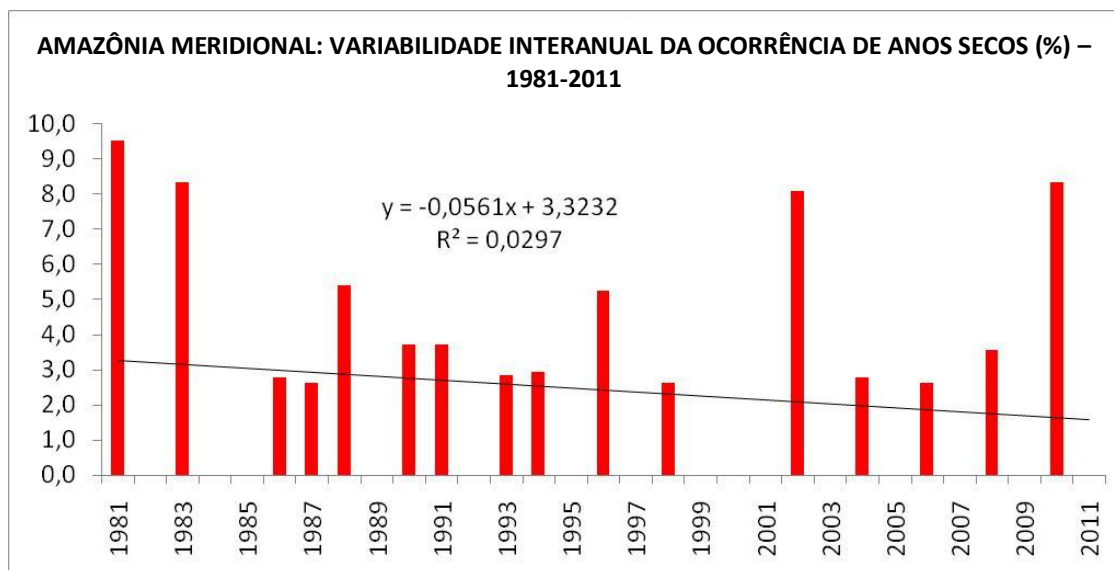


Figura 38

Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos secos (%) - 1981-2011

Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

A distribuição espacial dos episódios de seca extrema destaca as localidades de Costa Marques (RO), Guajará-Mirim (RO) e Xapuri (AC), com dois casos cada, respectivamente 7,4%, 7,4% e 7,1% de seus dados no período 1981-2011. Porto Velho (RO) e Rio Branco (AC) registraram um episódio de seca cada, respectivamente nos anos de 1988 e 1981. O mapa (figura 39) apresenta a espacialização do percentual de anos secos por localidade da Amazônia Meridional no período 1981-2011. Os maiores extremos de seca foram observados na região fronteira com a Bolívia.

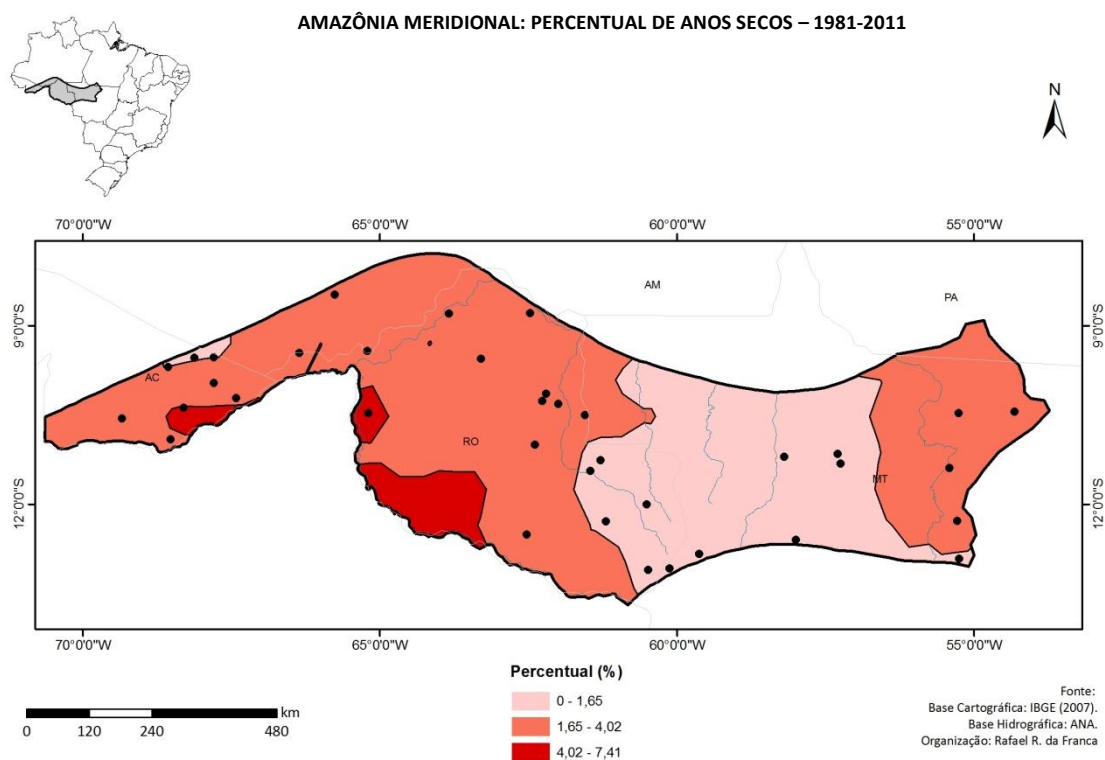


Figura 39
Amazônia Meridional: percentual de anos secos - 1981-2011
Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Foram analisados, ainda, eventos intermediários, tendentes a extremos. No que se refere à ocorrência de episódios quase chuvosos, com coeficiente de variação anual da pluviosidade entre 15% e 30%, destacam-se os anos de 1982 e 1986 que apresentaram essa situação em 25% do total de suas séries de dados e 2006, com 23,7%. O ano de 1983 não apresentou nenhum caso. A reta de regressão linear sugere ligeira redução nesse tipo de ocorrência na região, mas o coeficiente de determinação baixo descarta essa hipótese. Especialmente, as localidades que apresentaram maior percentual desse tipo de ocorrência foram Cerejeiras (25,9 %), Jarú (20 %) e Costa Marques (18,5 %). Capixaba (AC) e Ouro Preto do Oeste (RO) não registraram nenhum caso.

O comportamento interanual da ocorrência de anos normais tendentes a chuvosos (NC) ao longo do período 1981-2011 na Amazônia Meridional é apresentado no gráfico a seguir (figura 40) e o mapa (figura 41) mostra a distribuição espacial desse tipo de ocorrência na região.

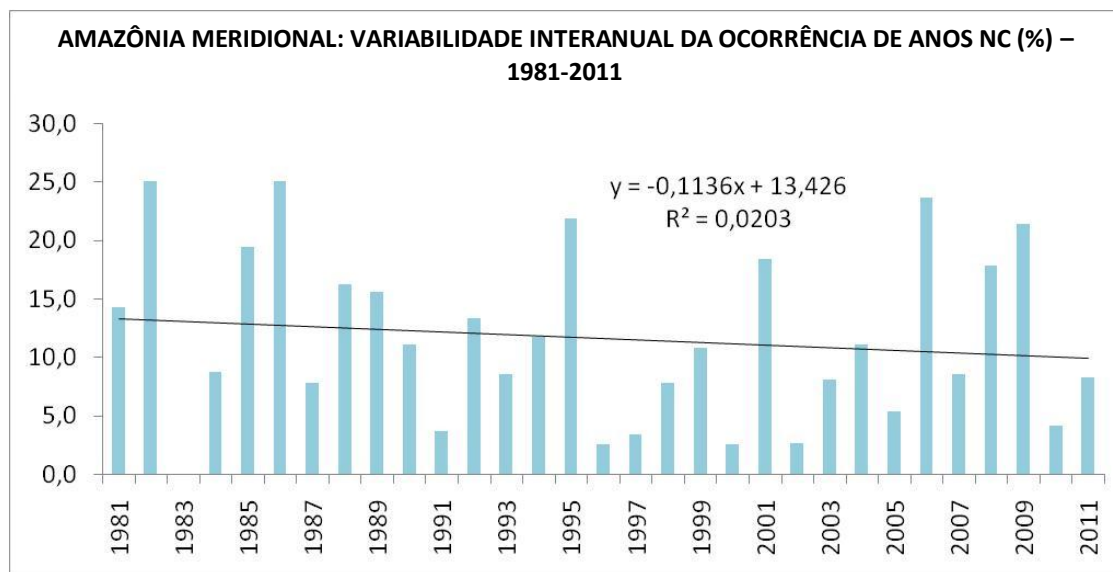


Figura 40

Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos NC (%) - 1981-2011

Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

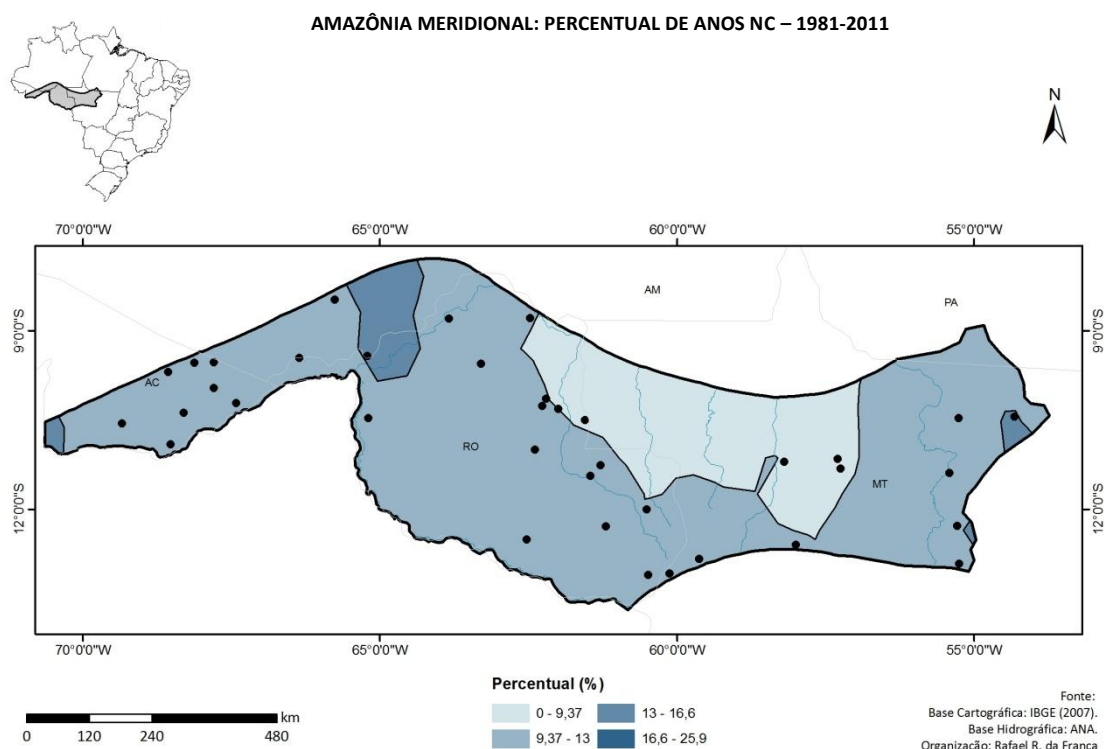


Figura 41

Amazônia Meridional: percentual de anos NC - 1981-2011

Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Em relação aos eventos anuais tendentes a seco (NS), destacam-se os anos de 2007 e 1983, com respectivamente 25,7 % e 25 % de ocorrências dessa natureza em suas séries temporais. Em posição oposta, com apenas 1 ocorrência ou 2,9 %, em suas séries temporais.

3,7 % e 4,8 %, estão respectivamente, 1994, 1991 e 1981. A reta de tendência sugere pequeno aumento nesse tipo de ocorrência (figura 42). No entanto, novamente, o coeficiente de determinação foi muito baixo: $r^2=0,037$. Especialmente, Costa Marques (RO) se destaca, com 37 % de seus anos nessa situação. Ji-Paraná (RO) não registrou nenhum evento desse tipo (figura 43).

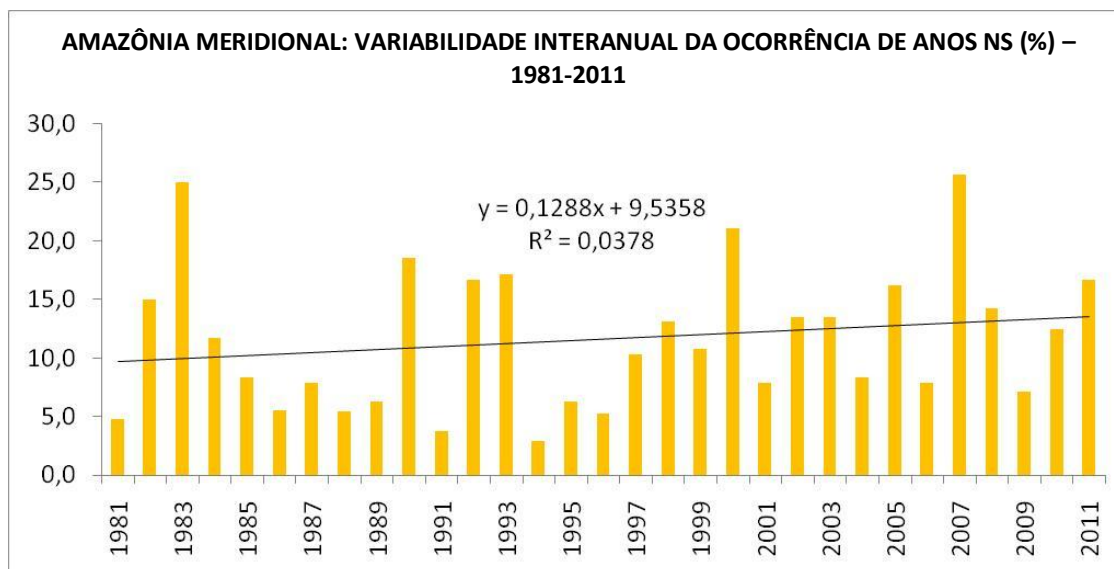


Figura 42

Amazônia Meridional: variabilidade interanual da ocorrência de anos NS (%) - 1981-2011
Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

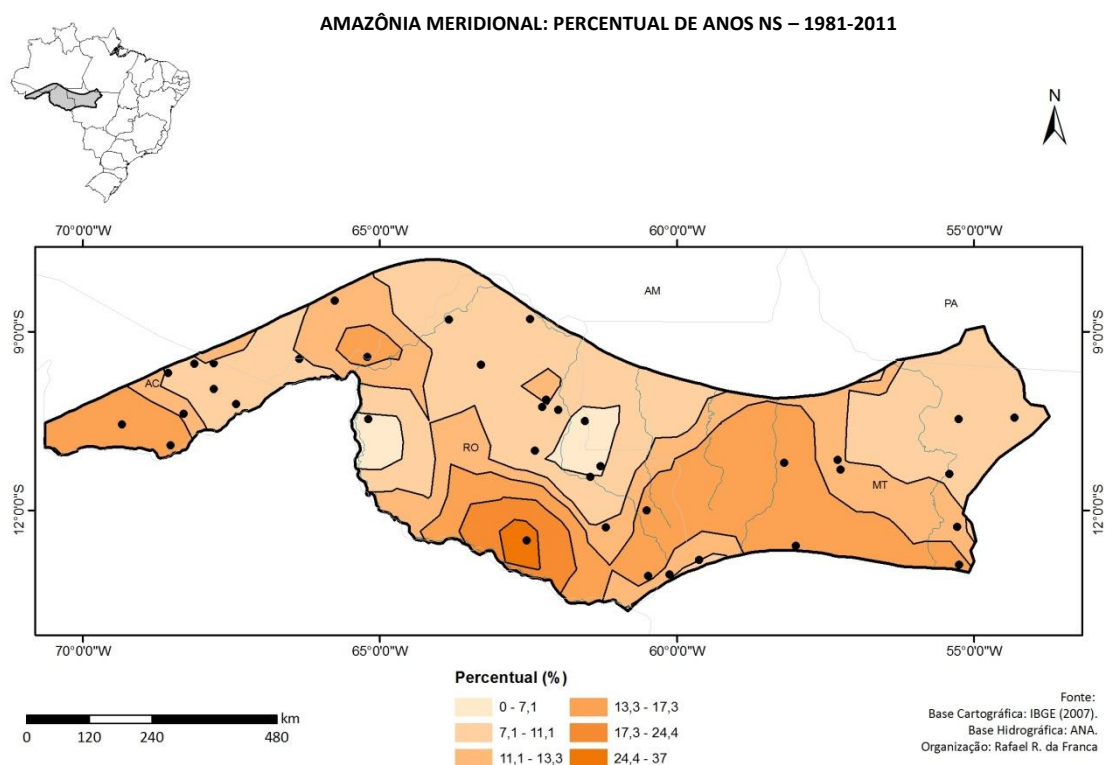


Figura 43

Amazônia Meridional: percentual de anos NS - 1981-2011
Fonte: ANA e INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Por fim, foram somadas as ocorrências de anos chuvosos e tendentes a chuvoso e dos anos secos e tendentes a seco para análise do comportamento interanual desses dois conjuntos de dados. Foram aplicados testes de regressão linear, contudo, assim como com os resultados anteriores, não foi observada nenhuma tendência relevante de aumento ou redução de eventos secos ou chuvosos na Amazônia Meridional.

A tabela 7 sintetiza os resultados das análises acima e destaca os anos mais frequentes para cada situação – habitual, chuvoso e seco, na área de estudo. O quadro 7, por sua vez, apresenta a classificação de cada ano ao longo do período 1981-2011 para as 41 localidades avaliadas nesta pesquisa.

TABELA 7: SÍNTESE DE ANOS HABITUAIS E EXTREMOS NA
AMAZÔNIA MERIDIONAL

Anos habituais CVa 0 a $\pm 15\%$	Anos chuvosos CVa > + 30%	Anos secos CVa > - 30%
1991	2009	1981
1996	2004	2010
1997	1989	1983

Fonte: ANA e INMET
Elaboração: FRANCA, R. R.

Quadro 7 – Amazônia Meridional: quadro-síntese para CVa

Código	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
1	-14,6	-16,4	-29,3	-27,5	-1,5	16,1	3,6	22,5	-8,4	x	x	x	x	x	x	x	x	-5,4	x	x	x	9,7	3,7	30,9	6,8	1,1	x	-4,3	18,3	x	-5,1	
2	9,6	15,8	-1,5	13,0	-23,4	5,4	-7,5	-2,5	10,6	23,8	-13,4	-1,5	-12,0	3,6	-5,1	-1,9	x	6,3	-2,2	-8,9	19,3	-21,9	2,8	-9,0	-8,9	9,5	x	x	x	x	x	
3	22,8	15,4	-7,7	45,0	-0,3	-2,3	-6,8	-3,9	4,3	-27,1	-33,8	-20,0	-6,3	x	x	-18,9	-18,6	-7,5	13,7	-12,1	23,9	-4,7	7,0	-22,4	-13,6	21,1	37,1	2,8	12,9	x	x	
4	-19,0	-19,3	-5,9	18,0	14,5	11,1	6,3	15,6	-8,6	-26,8	3,7	6,5	-4,1	-11,1	-9,4	-7,6	-10,6	11,2	16,0	-23,7	22,2	-15,5	20,7	2,2	-12,8	-11,9	x	3,6	34,7	x	x	
5	x	x	x	x	-13,6	8,1	-5,6	11,5	4,2	-10,6	17,8	-2,0	-19,0	-4,0	36,3	10,2	1,6	1,7	-16,2	-19,3	-20,1	-26,5	x	-8,5	-11,3	-10,7	7,1	x	x	7,8	61,4	
6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-14,7	x	x	-26,0	-10,0	9,0	14,9	7,8	8,9	13,5	-4,1	-12,9	-18,3	16,5	-5,9	-14,9	36,2	x	x	
7	-1,3	3,6	-21,7	-5,0	-4,7	-0,9	2,9	21,5	x	x	x	9,0	-2,3	14,7	-1,5	9,4	3,1	-26,3	-11,1	-1,3	3,1	-11,6	8,3	19,2	0,3	23,0	-14,2	-7,0	3,5	-5,6	-7,0	
8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	32,3	14,0	x	10,6	-6,0	8,4	9,7	5,7	-8,6	1,1	38,5	-9,7	-8,2	-12,6	-29,2	-45,9	x	x	x	
9	x	x	x	x	6,1	-4,6	-17,1	-13,1	2,3	-8,8	20,9	-8,6	-0,2	-10,4	24,3	28,0	27,3	19,0	-19,2	-8,3	-18,1	7,8	-11,3	-7,0	-17,6	-14,9	3,0	-18,7	-1,8	22,7	18,2	x
10	x	x	x	x	-14,1	3,5	1,8	-4,6	-4,7	x	x	9,8	1,5	-1,7	-1,9	8,1	-5,0	x	x	x	x	-17,3	19,1	5,6	x	x	0,0	x	x	x	x	
11	x	x	x	4,4	-6,4	25,4	18,5	-11,5	-51,5	31,7	39,8	1,1	-11,0	-4,1	10,6	-14,2	-4,2	5,2	2,4	x	14,9	6,5	-11,6	4,3	-0,3	-10,0	-21,4	-11,3	x	x	-14,2	7,0
12	x	x	x	x	-4,9	5,9	9,0	-6,2	-16,0	-12,5	5,3	4,6	29,5	-7,1	8,1	-6,2	-7,9	-11,1	-10,8	0,5	1,2	19,2	-10,9	0,6	0,3	-11,0	27,1	-7,1	-2,7	1,1	-5,9	7,9
13	x	x	x	x	5,5	-12,3	13,3	-19,5	-7,0	-23,9	-10,5	8,4	6,4	0,5	9,6	13,2	-14,0	-11,8	15,6	-6,2	-1,9	7,3	-8,5	10,6	-12,0	5,0	22,0	-7,4	20,0	-3,5	-1,2	2,2
14	16,7	6,9	-21,1	-11,2	-13,2	-32,2	-28,8	-23,7	x	x	-29,7	-26,8	20,0	-17,0	-25,4	-33,1	x	-24,8	-22,7	-26,6	-14,2	26,3	32,9	33,0	x	32,3	29,1	46,3	35,5	44,6	26,9	
15	9,2	6,2	6,4	-5,9	-13,6	-2,4	-14,7	-12,5	x	x	x	x	x	29,4	16,2	-8,4	-10,5	4,1	-8,2	-7,0	-10,2	x	5,2	8,2	x	5,0	2,4	20,7	-19,5	x	x	
16	11,0	19,1	2,3	-9,6	19,2	9,3	-3,1	4,2	18,7	x	x	x	x	x	x	x	x	-10,8	8,8	-2,7	-24,1	-30,6	3,8	0,8	-7,3	16,4	-0,5	9,3	-18,0	-27,0	10,6	
17	17,0	5,0	-8,7	19,7	12,1	12,1	-9,2	-10,1	0,1	-30,7	-2,0	-16,1	x	x	x	-30,9	x	-7,2	0,6	-6,7	13,0	1,6	5,4	1,8	6,8	-3,8	25,7	10,0	14,9	-12,2	-8,1	
18	6,0	19,6	1,0	12,7	4,1	14,1	15,9	16,9	21,5	-9,5	-9,3	10,4	-9,0	-14,0	-6,9	6,6	3,3	23,1	-13,2	-2,3	15,9	3,9	-22,2	11,7	-12,7	-15,9	-19,1	2,5	x	-26,9	-28,1	
19	-33,6	-9,3	-8,5	-10,9	-12,1	-14,9	-1,3	-7,6	3,2	0,6	11,3	7,3	36,8	14,5	21,5	3,2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
20	x	x	x	x	0,8	10,5	16,8	-7,5	-2,4	-3,3	-9,5	11,1	9,1	1,1	-6,1	5,3	-4,3	-4,1	9,7	8,6	-20,0	-2,1	x	11,4	5,8	-26,0	-20,8	5,4	x	5,9	2,4	2,1
21	3,7	x	33,5	-1,2	17,1	-0,5	-11,1	3,0	5,9	15,0	12,2	6,4	-27,4	9,6	2,0	-6,2	10,4	-0,9	1,6	-10,2	6,0	-1,8	-17,0	-24,4	12,5	5,2	-23,0	-26,5	-2,3	9,1	-0,5	
22	9,6	10,2	-16,5	14,1	25,0	3,9	0,0	2,8	15,4	-5,2	-8,0	17,3	19,5	0,2	-9,9	-8,4	-18,8	-6,3	-5,1	-13,3	11,7	4,3	x	x	-13,0	-2,6	-1,1	17,1	6,8	-31,5	-18,0	
23	9,2	0,8	-32,1	-0,9	12,7	21,4	21,3	25,2	15,0	1,3	3,0	13,9	-12,5	-9,7	-23,8	-5,8	0,0	9,3	3,6	8,5	1,1	10,3	-23,4	2,0	-6,2	-31,7	-19,1	0,8	-7,7	-2,8	16,4	
24	x	x	x	x	-17,2	18,9	-1,4	4,4	5,5	x	x	x	x	2,6	17,6	-5,9	2,5	-33,5	-7,9	-5,3	0,1	x	x	21,5	-8,6	x	-28,3	x	32,7	10,0	-7,6	
25	x	x	x	x	19,9	11,7	-7,5	-4,3	1,1	34,0	x	10,2	-7,7	-16,3	-57,3	-0,4	5,8	4,8	13,0	-11,2	-2,9	17,3	4,7	-10,7	9,7	-5,6	-3,1	-0,4	-12,2	x	x	7,4
26	-13,9	5,6	-30,2	0,6	-24,8	19,9	26,2	-12,7	3,5	-16,6	1,4	-5,8	9,2	-8,1	x	10,8	x	-10,2	-2,5	3,6	7,4	1,9	7,2	23,2	7,9	2,5	2,8	-19,5	10,8	x	x	
27	x	x	x	x	x	x	-9,6	5,3	12,0	14,0	1,7	-8,6	33,6	7,9	38,2	-5,0	3,9	6,2	-20,0	-15,5	-3,4	-15,2	-10,9	3,3	-7,6	-3,6	-13,0	-11,3	x	-16,0	13,6	
28	2,9	-21,6	-18,8	-15,8	13,8	12,5	-5,6	12,4	x	x	x	-21,1	-6,2	1,5	19,3	4,5	12,1	-13,1	15,1	-15,7	12,6	-7,8	2,2	13,9	-4,6	-7,5	-1,8	15,1	3,7	2,3	-4,2	
29	x	x	x	x	-8,0	-6,3	-16,2	7,6	10,2	5,6	-11,4	-6,0	-13,5	-2,0	13,8	7,9	-9,8	x	-6,1	17,7	30,7	-11,5	-36,5	-18,0	35,3	8,2	-1,0	x	x	11,8	-4,8	2,3
30	1,5	-0,1	2,8	-6,1	13,3	24,5	-6,3	5,6	8,3	x	x	x	x	x	x	-11,5	x	x	-20,3	-12,1	5,9	4,4	-7,0	3,8	-19,2	-3,8	13,2	15,4	-12,2	x	x	
31	8,7	-7,1	6,5	6,3	2,4	-9,0	-16,6	-45,4	26,8	-2,5	-10,2	3,3	22,4	25,3	-13,2	14,3	-1,9	-17,2	0,2	-2,2	21,4	11,4	-5,5	-10,4	-11,0	9,1	-6,0	x	x	x	x	
32	-51,8	-9,1	-11,2	5,9	9,7	26,1	-11,7	20,8	11,3	5,3	x	x	3,9	11,3	-12,9	-1,8	12,5	18,5	12,6	-12,1	-0,5	-1,4	-7,2	7,9	-9,6	6,1	-8,8	-5,0	16,3	-8,8	-16,4	
33	x	x	x	x	-8,9	9,7	-11,6	3,9	x	7,9	x	-0,2	21,7	14,3	0,2	18,9	-11,6	x	5,8	1,5	-10,4	14,9	-2,9	-6,6	x	5,8	0,1	-2,9	-20,5	-8,4	-11,5	-9,1
34	12,9	3,3	-11,1	4,8	20,0	20,3	-2,0	36,9	-2,5	-1,1	x	x	6,0	18,0	-5,3	6,8	-18,9	11,1	-11,8	-1,7	-15,7	-11,6	6,5	x	-14,8	1,7	-15,9	-5,5	x	-30,3	x	
35	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11,2	10,9	1,6	-11,4	5,2	-12,6	9,3	-11,7	0,5	-5,2	-6,1	-12,0	-22,3	24,3	18,1	x	x	x	
36	x	x	x	-22,7	12,9	-2,5	22,8	-3,8	-5,8	6,4	-1,7	12,1	-11,4	-28,5	x	x	x	5,5	-4,7	14,8	-8,6	-0,7	-0,7	17,8	-15,2	-14,0	-0,8	x	29,7	x	x	
37	x	x	x	-11,2	-5,1	31,8	-12,2	-31,1	-6,6	-16,5	-27,1	x	x	-24,0	15,4	9,7	3,3	-2,3	-10,5	6,9	13,0	-6,7	-7,0	23,5	x	19,9	27,9	-11,8	x	15,8	8,4	-3,5
38	x	x	x	x	-20,6	8,1	-10,7	-0,9	24,6	-9,0	x	28,0	-22,4	32,6	18,8	-2,9	-11,5	-28,9	-14,6	-11,5	-9,6	-6,9	5,0	31,5	2,1	25,0	-22,4	x	-3,9	x	x	
39	x	x	x	x	x	x	-3,5	14,0	42,4	25,1	11,3	0,5	-41,9	-1,3	6,2	14,7	8,1	10,8	-14,9	5,2	4,1	1,3	-11,0	-8,7	-9,8	9,8	-19,1	-14,2	x	-9,5	-19,5	
40	x	x	x	x	-17,6	23,2	-10,7	1,0	4,1	8,3	-18,5	2,0	-9,8	-14,9	-0,8	13,9	2,7	11,6	-6,8	-10,3	16,2	-3,8	-10,4	13,1	8,8	25,8	-9,5	x	-19,8	10,5	-11,8	3,5
41	13,6	20,0	2,5	34,6	31,5	-0,6	-0,2	8,1	7,7	-4,8	3,4	-18,8	10,0	8,4	-7,6	-7,6	x	3,9	21,4	-27,7	-13,1	-34,1	-18,5	-33,0	-21,2	6,0	6,2	-9,5	19,4	x	x	

LEGENDA	
Extremo chuvoso	
Normal a chuvoso	
Normal	
Normal a seco	
Extremo seco	
x: sem informação	

3.4 Dinâmica atmosférica em períodos excepcionalmente chuvosos - Análise Rítmica do episódio de 2013/2014

Nesta seção será apresentado um estudo de caso, a partir do método da Análise Rítmica, sobre o período que compreende os meses de dezembro de 2013 e agosto de 2014 em Porto Velho (RO), com a perspectiva de determinar os sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese dos eventos pluviais extremos na região. Esse período foi caracterizado por chuvas excepcionais no sudoeste amazônico, o que causou enchentes e inundações históricas em diversos rios.

Entre o final de dezembro de 2013 e meados de fevereiro de 2014 foi observado um padrão atmosférico de bloqueio na América do Sul, o qual resultou em expressivas anomalias climáticas em todo o continente. Esse período se distinguiu pela presença atípica da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) a oeste de sua posição climatológica, sobre o Sudeste e parte do Centro-Oeste do Brasil (CPTEC, 2014). A atuação desse sistema de alta pressão em superfície é caracterizada pela subsidência atmosférica que inibe mecanismos de instabilidade produtores de nuvens de chuva (FRANCA, 2009).

Além do ASAS (em superfície), o CPTEC (2014) destaca a presença de uma crista anômala (área de alta pressão) em níveis médios (500 hPa) ao largo da costa meridional do Brasil, e do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (250 hPa) a sudoeste de sua posição climatológica, sobre o Sudeste do Brasil, que contribuíram para a subsidência do ar em várias camadas da troposfera, inibindo a chuva em toda a porção oriental do país.

Ao longo desse período atípico poucos sistemas frontais conseguiram alcançar o Brasil. Em janeiro, apenas dois foram registrados e em fevereiro, três. No entanto, esses sistemas tiveram sua atuação restrita ao litoral do Sul do país (CPTEC, 2014). A quebra desse padrão atmosférico ocorreu apenas durante a segunda quinzena de fevereiro.

Segundo o CPTEC (2014), o bloqueio atmosférico de longa duração no Atlântico resultou em uma circulação completamente anormal para esse período, do tipo “ZCAS negativa”. Desse modo, ao contrário do que costuma ocorrer nessa época do ano, não houve escoamento de umidade da Amazônia para o Sudeste do país por meio da Zona de Convergência do Atlântico Sul. A escassez de chuva em plena estação chuvosa causou grandes anomalias pluviais em todo o centro-leste

anomalias pluviiais superiores a 120 % em áreas do centro-norte da Bolívia ao longo do trimestre composto por dezembro, janeiro e fevereiro (DJF). Em Rurrenabaque, cidade às margens do rio Beni – importante afluente do rio Madeira, choveu 1829,9 mm apenas no trimestre DJF, o que equivale a 122,2 % acima da média para o período – 823,6 mm²⁷. No país vizinho, as inundações provocaram a morte de mais de 50 pessoas e de cerca de 400 mil cabeças de gado (REDHUM, 2014).

Na maior parte de Rondônia, no entanto, o volume de chuva ficou próximo à normalidade durante o período mais crítico das enchentes e inundações. A figura 45 apresenta o volume de chuva mensal entre dezembro de 2013 e agosto de 2014 e as respectivas anomalias em relação ao volume climatológico na estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Porto Velho. Se, por um lado, choveu pouco acima do habitual em dezembro (+11,6%) e janeiro (+18,7%), por outro, choveu menos em fevereiro (-19,1 %), março (-22,8%) e abril (-42,9%). Em maio, contudo, a chuva voltou a exceder o volume climatológico em 115,8 %. Os dados pluviométricos endossam a hipótese de que as chuvas extremas no centro-norte da Bolívia e no sudeste do Peru, onde se encontram os principais afluentes do rio Madeira – os rios Beni, Mamoré e Madre de Dios, tiveram importância fundamental, do ponto de vista meteorológico, na ocorrência das enchentes e inundações excepcionais dos rios do sudoeste da Amazônia em 2014.

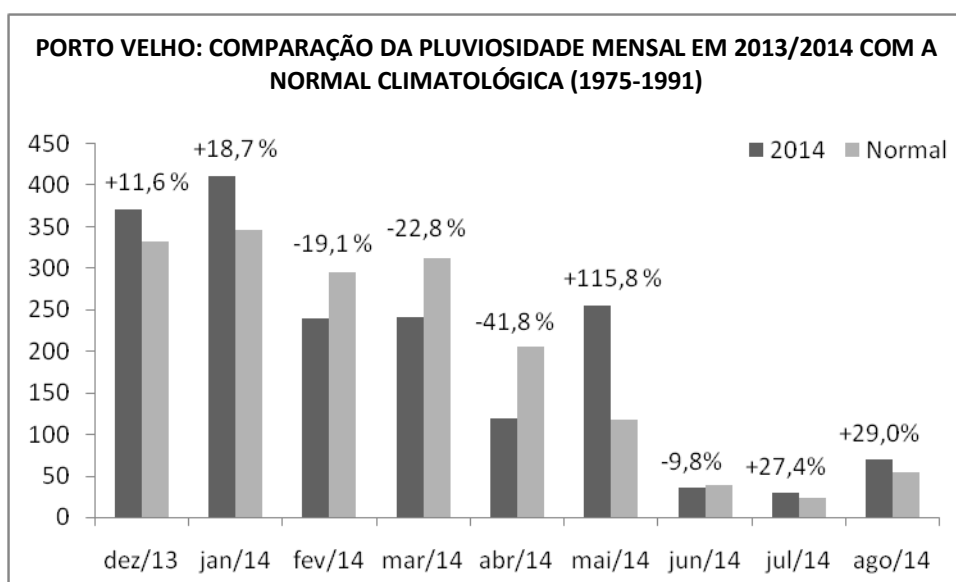


Figura 45

Porto Velho: comparação da pluviosidade mensal em 2013/2014 com a Normal Climatológica 1975-1990

Fonte: INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

²⁷ O apêndice (B), ao final desta Tese, apresenta mapas de pluviosidade e anomalia trimestral na Bolívia para o trimestre DJF (2013/2014).

Na Análise Rítmica realizada para Porto Velho foram identificados alguns eventos expressivos de chuva, como o do dia 12 de janeiro de 2014, com 78,4 mm acumulados em 24 horas; 23 de dezembro de 2013 (54,6 mm); 14/01 (52,4 mm); 20/12 (51,6 mm); 13/12 (47,6 mm); 15/12 (43,2 mm) e 24/05 (43 mm). Com exceção deste último, resultante da atuação de uma frente fria sobre Rondônia, os demais ocorreram sob domínio da Massa Equatorial Continental (mEc). Alguns desses casos, como os de 23/12 e 20/12 e os de 13/12 e 15/12 se associam, ainda, a períodos de formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), quando se estabelece um canal de umidade e nebulosidade entre o sul da Amazônia e o litoral do país, o que parece ativar as instabilidades equatoriais (tabela 8).

TABELA 8: MAIORES EVENTOS DIÁRIOS DE CHUVA EM PORTO VELHO
(DEZ/13 A AGO/14)

Data	Acumulado (mm)	Sistema
12/1/2014	78,4	mEc
23/12/2013	54,6	mEc/ZCAS
14/1/2014	52,4	mEc
20/12/2013	51,6	mEc/ZCAS
13/12/2013	47,6	mEc/ZCOU
15/12/2013	43,2	mEc/ZCOU
24/5/2014	43	Frente fria/quente

Fonte: INMET
Elaboração: FRANCA, R. R.

Na contabilização da participação relativa dos sistemas atmosféricos dominantes em Porto Velho durante o período em tela foram consideradas as frentes frias (FF), notadamente a Frente Polar Atlântica (FPA), a Massa Polar Atlântica (mPa), a Massa Tropical Atlântica em sua face continental (mTa) e a Massa Equatorial Continental (mEc). A atuação de outros sistemas, nos mais diversos níveis atmosféricos, responsáveis por instabilidades e chuvas na região de estudo foi agrupada a esta última. Isso se deve ao entendimento de que os demais sistemas produtores de chuva na região, como as linhas de instabilidade, JBN, ZCIT, ZCAS ou mesmo a AB (descritos no capítulo 2), associam-se à dinâmica da mEc. A classificação foi baseada na análise diária de cartas sinóticas de superfície e imagens de satélite. O resultado é apresentado na figura 46.

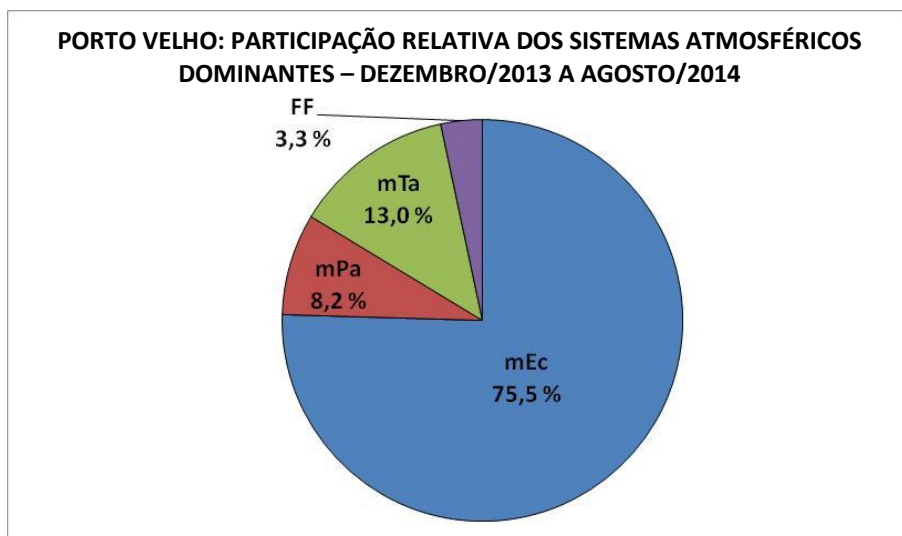


Figura 46

Porto Velho: participação relativa dos sistemas atmosféricos dominantes – dez/13 a ago/14
 Fonte: INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

No período analisado, a mEc apresentou a maior participação nas condições de tempo em Porto Velho (75,5 %), seguida pela mTa (13 %), mPa (8,2%) e frentes frias (3,3 %). A atuação da mEc está associada à ocorrência de baixas pressões, calor, elevada umidade, ventos fracos, nebulosidade e chuva na região. Já a presença da mTa é notada pelo aumento da pressão atmosférica, queda da umidade relativa do ar, redução da nebulosidade e elevação da temperatura, especialmente as máximas. Em alguns casos, a atuação da mTa causa queda das temperaturas mínimas em função da perda radiativa noturna favorecida pelo ar seco. A menor mínima registrada no período (16,3° C) ocorreu em 15/08 sob atuação desse sistema. Nesse dia a máxima foi de 33,4°C. As maiores temperaturas registradas no período ocorreram no final de agosto, sob domínio da mTa, conforme mostra a tabela 9.

TABELA 9: MAIORES TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS EM PORTO VELHO
 (DEZ/13 A AGO/14)

Data	Temperatura máxima	Sistema	Data	Temperatura mínima	Sistema
26/8/2014	37,2	mTa	30/6/2014	16,3	mTa
21/8/2014	36,7	mTa	15/8/2014	16,3	mPa
20/8/2014	36,6	mTa	10/7/2014	17,2	mPa
25/8/2014	36,6	mTa	29/6/2014	17,4	mPa
24/8/2014	36,5	mTa	25/5/2014	17,5	mTa
19/8/2014	36,3	mTa	21/8/2014	17,5	mPa
22/8/2014	36,1	mTa	26/7/2014	17,8	mPa

Fonte: INMET
 Elaboração: FRANCA, R. R.

A entrada da mPa, em seu ramo continental, na região está associada à queda brusca de temperaturas (máximas e mínimas), elevação da pressão atmosférica, redução progressiva da nebulosidade e presença de ventos do quadrante sul. Eventualmente, a chegada da mPa é precedida por uma frente fria, mas isso não é regra. Há casos em que a influência do ar polar é sentida sem ocorrência prévia de chuva ou sequer aumento da nebulosidade (condições associadas à passagem do ramo frontal). As menores temperaturas mínimas resultantes da atuação da mPa foram 16,3°C em 30/6 e 17,2°C em 10/07 (tabela 9).

A figura 47 mostra a participação relativa desses sistemas atmosféricos ao longo dos meses analisados. Destaca-se a influência absoluta da mEc entre dezembro e março e a redução progressiva de sua participação a partir de abril (86,7 %) até julho (25,8 %). Por outro lado, a mTa passa a influenciar a região em junho (23,3 %) e atinge seu ápice em agosto (51,6 %). As frentes frias tiveram sua maior participação em abril (10%), mas entre dezembro e março não conseguiram alcançar as latitudes baixas da Amazônia. A mPa se destacou em julho (32,3 %) e junho (23,3 %), mas não atingiu a região entre dezembro e março. Em abril (3,3 %) e agosto (3,2 %) sua participação foi muito reduzida. No gráfico é possível notar que à medida que a mEc tem sua participação reduzida as chuvas diminuem na região.

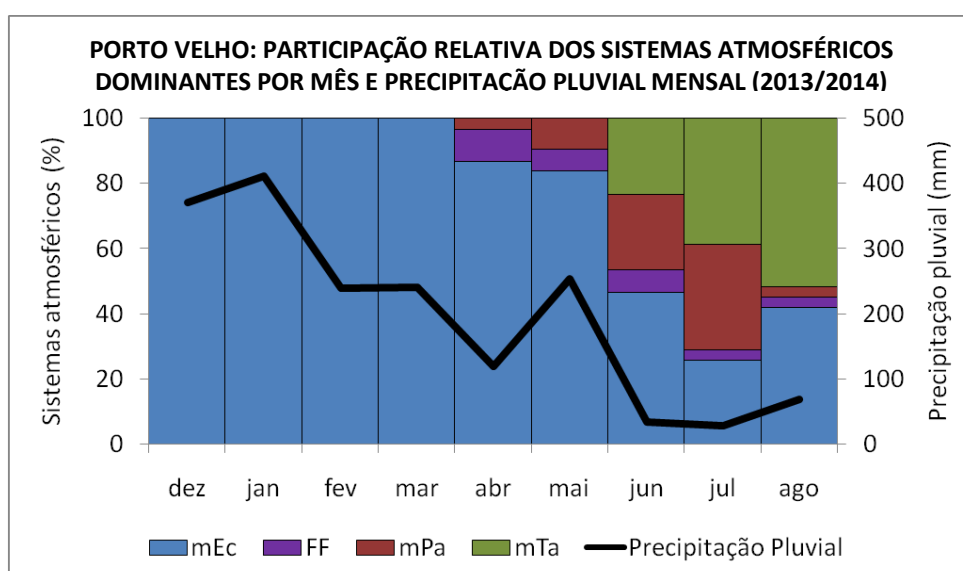


Figura 47

Porto Velho: participação relativa dos sistemas atmosféricos dominantes e precipitação pluvial mensal (2013/2014)

Fonte: INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

Os dados da Análise Rítmica (figura 48) mostram, ainda, o progressivo aumento da pressão atmosférica ao longo do período, fato associado à redução da participação da mEc no sul da Amazônia e à influência cada vez maior de anticiclones, seja os de origem polar ou a face continentalizada da Alta Subtropical do Atlântico Sul (tabela 10).

TABELA 10: MAIORES E MENORES PRESSÕES ATMOSFÉRICAS (MÉDIA 24 HORAS) EM PORTO VELHO (DEZ/13 A AGO/14)

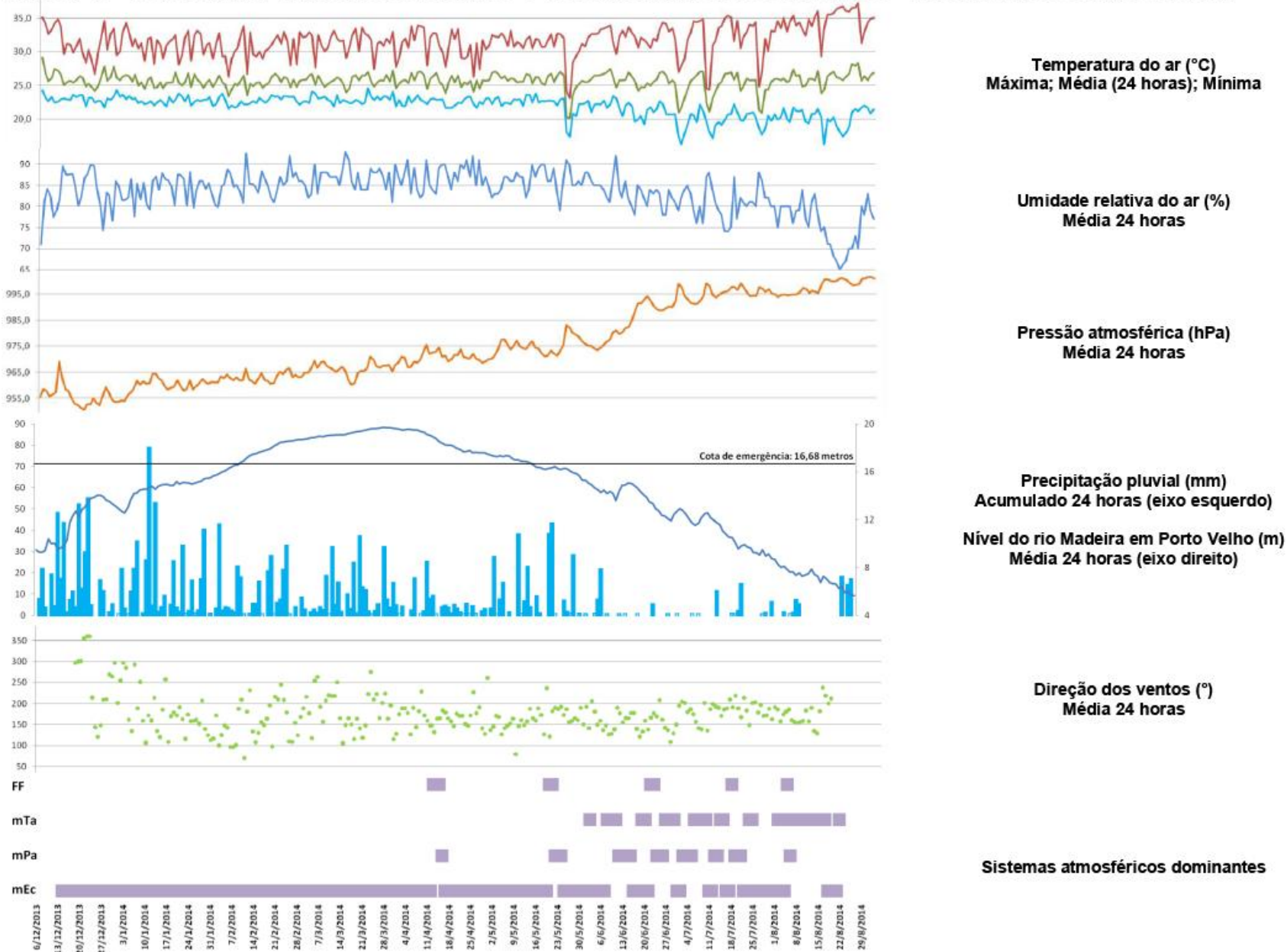
Data	Pressão	Sistema	Data	Pressão	Sistema
29/8/2014	1001,8	mEc/mTa	24/12/2013	953,1	mEc/ZCAS
30/8/2014	1001,6	mEc/mTa	17/12/2013	953,0	mEc/ZCAS
20/8/2014	1001,3	mTa	22/12/2013	952,7	mEc/ZCAS
28/8/2014	1001,1	mEc	21/12/2013	952,7	mEc/ZCAS
21/8/2014	1001,0	mTa	25/12/2013	952,3	mEc/ZCOU
27/8/2014	1001,0	mEc	18/12/2013	952,3	mEc/ZCAS
31/8/2014	1001,0	mTa	19/12/2013	951,4	mEc/ZCAS
15/8/2014	1000,7	mTa	20/12/2013	950,6	mEc/ZCAS

Fonte: INMET

Elaboração: FRANCA, R. R.

Já a umidade relativa do ar diminuiu no período e a chuva – quase diária entre dezembro e maio – se tornou menos frequente entre junho e agosto. Como reflexo, o nível do rio Madeira na cidade, que atingiu a marca recorde de 19,74 metros em 30/03, passou a diminuir de forma vigorosa a partir de meados de abril, mas apenas no final de maio se acomodou abaixo da cota de emergência estabelecida pelos órgãos públicos (16,68 metros). Por fim, a direção predominante dos ventos – bastante variável no começo do período – assumiu o quadrante sul (sudeste a sudoeste) entre junho e agosto, o que coincide com a atuação mais amplificada dos sistemas tropicais e polares.

Figura 48 – Porto Velho: dados meteorológicos e sistemas atmosféricos atuantes – dezembro/2013 a agosto/2014



Fonte: INMET / Elaboração: FRANCA, R. R.

3.5 Teleconexões com as chuvas na Amazônia Meridional

Os resultados dos testes de correlação linear realizados entre os volumes médios de chuva anual e trimestral (TMC e TMS) na Amazônia Meridional e a *North Atlantic Oscillation* (NAO), a temperatura superficial do oceano Atlântico Tropical Norte (TNA) e Sul (TSA), o *Oceanic Niño Index* (ONI), *Southern Oscillation Index* (SOI) e a *Pacific Decadal Oscillation* (PDO) ao longo do período 1981-2011 estão sintetizados na tabela 11 a seguir. De modo geral, os resultados indicam correlações fracas para o total anual e mais expressivas para os trimestres chuvoso e seco.

TABELA 11: RESULTADOS DOS TESTES DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A PLUVIOSIDADE NA AMAZÔNIA MERIDIONAL E ÍNDICES OCEÂNICOS (1981-2011)

Chuva	NAO	TNA	TSA	ONI	SOI	PDO
Anual	0,24	-0,38	-0,04	-0,05	0,06	-0,18
TMC	0,20	0,01	0,04	-0,14	0,43	-0,34
TMS	0,20	-0,46	-0,26	0,22	-0,39	0,07

Fonte: ESRL / NOAA
Elaboração: FRANCA, R. R.

Foi observado um considerável valor de correlação negativa (-0,46) entre a temperatura da água do oceano Atlântico Tropical Norte e as chuvas durante o trimestre seco na Amazônia Meridional. A correlação anual foi de -0,38. Isso significa que quando as temperaturas na referida área do Atlântico Norte estão altas (baixas) são registrados baixos (elevados) volumes de chuva na Amazônia Meridional, tal fato decorre provavelmente da oscilação das instabilidades tropicais para norte (sul), mais distante (próximo) da costa do Nordeste brasileiro, de onde provém a umidade marítima que penetra na região amazônica, o que ressalta o papel do Oceano Atlântico nas características do clima da Amazônia. É importante notar que também foi observada correlação negativa, embora mais fraca (-0,26), entre o Atlântico Tropical Sul e as chuvas do trimestre mais seco do ano na região.

Já a correlação positiva (+0,24) entre a *North Atlantic Oscillation* e as chuvas anuais na Amazônia Meridional deve-se provavelmente ao fortalecimento da Alta dos Açores sobre o Atlântico Tropical Norte em fases positivas da NAO, o que desloca as instabilidades da ZCIT para o Atlântico Equatorial Sul, área de origem da umidade marítima que ingressa na Amazônia.

No que se refere ao fenômeno *El Niño*, foi observada correlação positiva (+0,22) entre o aquecimento (resfriamento) das águas do Pacífico Equatorial (ONI) e

a ocorrência de chuvas (seca) no trimestre mais seco do ano no sul da Amazônia. Isso significa que a presença do fenômeno no Pacífico durante os meses de junho, julho e agosto pode atenuar a seca nesse setor amazônico. Já no trimestre chuvoso, a correlação foi negativa (-0,14), o que sugere que o curso do fenômeno entre dezembro e fevereiro minimiza a expressividade da estação chuvosa na região. É necessário ressaltar que os valores encontrados são muito baixos e as relações devem ser interpretadas com cautela, isto é, não se pode concluir muito sobre o papel do *El Niño* no comportamento pluvial da região.

Correlações mais fortes e relevantes foram observadas entre o comportamento das chuvas na estação chuvosa, com o SOI (0,43) e a PDO (-0,34). No que se refere ao Índice de Oscilação Sul, tal resultado sugere que quando ocorrem pressões mais elevadas (baixas) sobre o Pacífico Central (Tahiti), situação favorável a formação do fenômeno *La Niña (El Niño)*, há aumento (redução) das chuvas no trimestre mais chuvoso do ano na Amazônia Meridional. Já a correlação negativa com a Oscilação Decadal do Pacífico indica que fases de temperaturas altas (baixas) nessa área do Pacífico, que favorecem a ocorrência de episódios de *El Niño (La Niña)* estão relacionadas à ocorrência de menos (mais) chuva no trimestre mais chuvoso do ano na área de estudo. Os resultados do ONI, SOI e PDO são, desse modo, coerentes entre si.

Portanto, conforme exposto ao longo desse capítulo, a região da Amazônia Meridional não apresentou tendências significativas no que se refere ao aumento ou redução da pluviosidade ou acerca da ocorrência de eventos pluviais extremos no período 1981-2011. Parte da variabilidade pluvial observada na região pode ser atribuída à teleconexões extra-regionais com os oceanos Atlântico e Pacífico, na zona intertropical.

4 ENCHENTES E INUNDAÇÕES EM RONDÔNIA NO ANO DE 2014 – RISCOS E IMPACTOS

Neste capítulo serão analisados os principais riscos e impactos associados a enchentes e inundações em Rondônia. Parte dessas análises se baseia em dados sobre o desastre natural que atingiu o estado em 2014. Entre janeiro e abril desse ano, diversos rios do sudoeste da Amazônia apresentaram níveis excepcionais. O rio Madeira em Porto Velho, por exemplo, atingiu a marca recorde de 19,74 metros em 30 de março de 2014 (ANA), mais de 3 metros acima da cota de emergência estabelecida por órgãos públicos nesse local – 16,68 metros. Situação semelhante ocorreu nos rios Mamoré em Guajará-Mirim (14,36 metros em 10/04/2014), Guaporé em Costa Marques (14,77 metros em 21/04), Machado em Ji-Paraná (11,65 metros em 27/02) e Abunã no extremo oeste de Porto Velho, além do Beni e Madre de Dios, principais afluentes do rio Madeira na Bolívia e Peru (figura 49).

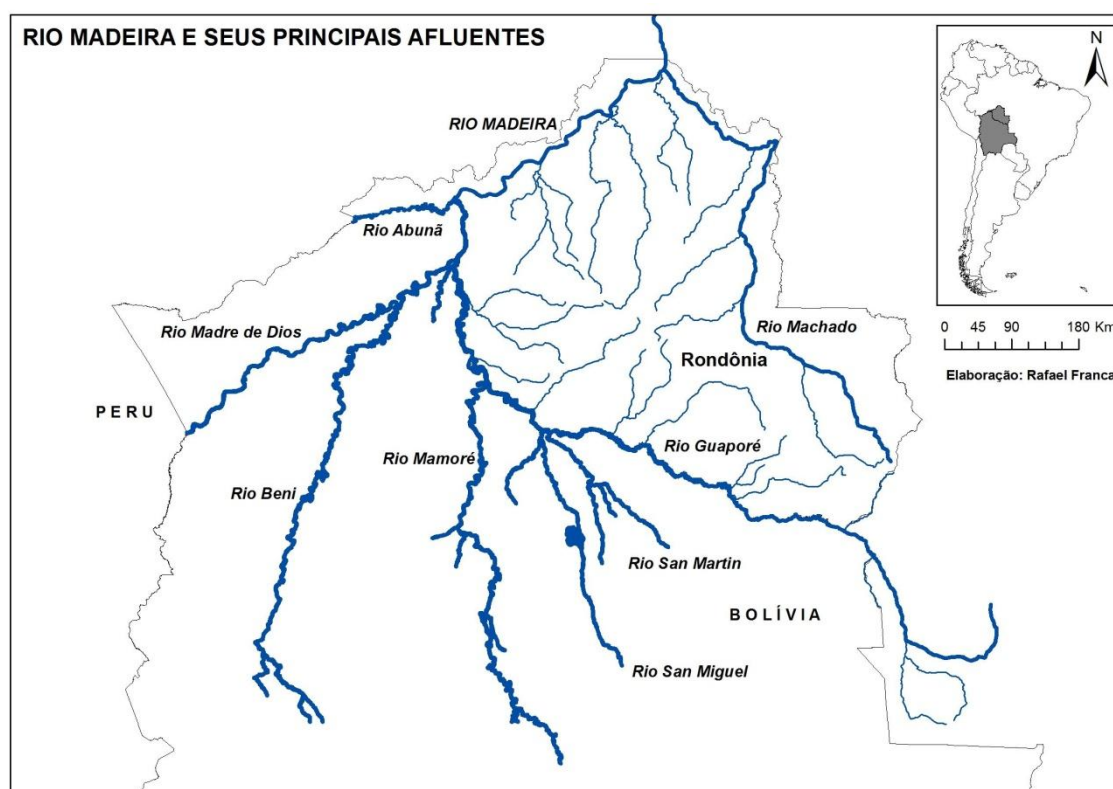


Figura 49
Rio Madeira e seus principais afluentes
Elaboração: FRANCA, R. R.

A elevação gradual do nível dos rios produziu consequências importantes na dinâmica socioespacial da região, seja no meio urbano ou rural. Apenas em Rondônia, mais de 6 mil famílias foram diretamente atingidas em 10 municípios, o

que equivale a aproximadamente 30 mil pessoas. Estima que 97 mil pessoas tenham sido afetadas de alguma forma pelo desastre de 2014 em Rondônia, segundo a Defesa Civil (figura 50).

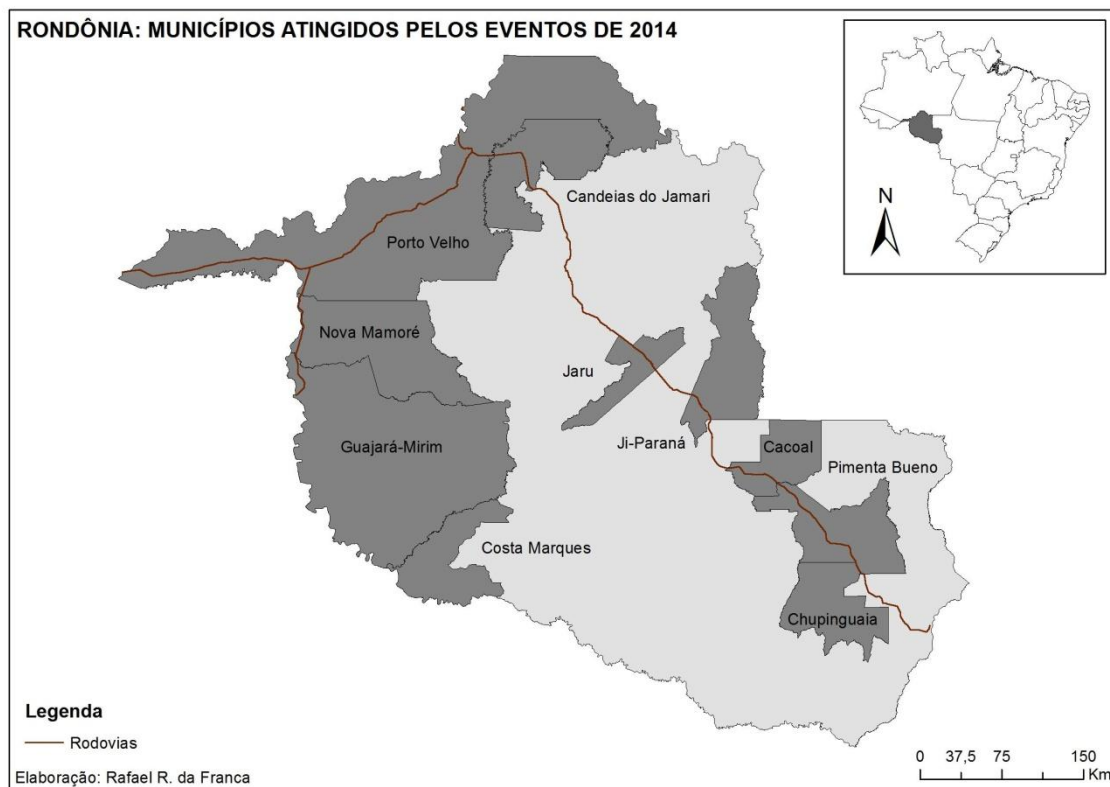


Figura 50
Rondônia: municípios atingidos pelos eventos de 2014
Elaboração: FRANCA, R. R.

Em Porto Velho, a Prefeitura decretou Situação de Emergência em 14 de fevereiro e Estado de Calamidade Pública em 27 de fevereiro de 2014. O Governo Estadual decretou Estado de Emergência em 13 de fevereiro (decreto nº 18.608) e Estado de Calamidade Pública em 3 de abril de 2014 (decreto nº 18.749). Foi estimado um prejuízo total de R\$ 4,2 bilhões em consequência do desastre natural, o que levou o governo estadual a elaborar o Plano Integrado de Reconstrução e Prevenção de Desastres (PRPD).

Entre os dias 20 e 31 de março de 2014, a BR-364, única rodovia entre a região e o restante do país, ficou completamente intransitável no sentido Acre, o que deixou esse estado e parte de Rondônia em situação de isolamento terrestre. Houve desabastecimento e escassez de alimentos, medicamentos, combustíveis e água potável no comércio de várias localidades. Uma alternativa encontrada pelo Acre foi a importação de bens do Peru.

A cheia do rio Madeira em 2014 repercutiu amplamente na imprensa nacional e internacional e no cotidiano da população²⁸. Os riscos e impactos associados a enchentes e inundações em Rondônia, especialmente durante este evento histórico, serão analisados em três eixos principais, a saber: saúde, habitação e economia.

4.1 Saúde e saneamento básico

A compreensão do mecanismo de uma doença em qualquer população humana prescinde da avaliação do homem em seu ambiente físico, biológico e socioeconômico (LACAZ, 1972). O espaço geográfico é, portanto, cenário no qual ocorrem as interações entre o homem e as doenças, onde emergem os riscos e vulnerabilidades. Desse modo, uma análise sobre riscos à saúde em uma região não pode, jamais, ignorar as condições socioambientais vigentes.

A elevação do nível dos rios e seu transbordamento sobre áreas carentes de serviços adequados de saneamento básico favorecem a proliferação dos mais diversos vetores e agentes patogênicos que ameaçam a saúde humana. Doenças veiculadas pela água encontram nesses ambientes condições ideais para sua propagação. Em Rondônia, durante a cheia de 2014, foi registrado aumento substancial nos casos de doenças como leptospirose. Além disso, as enchentes e inundações estão relacionadas ao incremento do número de casos de acidentes por animais peçonhentos.

Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), somente 26,6 % dos domicílios de Rondônia possuíam acesso à rede geral de água e apenas 1,6 % era atendido com rede coletora de esgoto – os menores percentuais dentre todos os estados brasileiros. Dos 52 municípios do estado, 48 dispunham de algum tipo de rede geral de distribuição de água, mas apenas 5 apresentavam rede coletora de esgoto e 2 realizavam tratamento. Nos 47 municípios sem rede de esgoto, a destinação dada aos efluentes eram as fossas sépticas e sumidouros (em

²⁸ Os eventos de 2014 suscitaram questionamentos acerca da instalação das usinas hidroelétricas de Santo Antônio e Jirau no rio Madeira em Porto Velho. Os críticos afirmam que a ausência de estudos prévios mais aprofundados e equívocos na implantação e operação dos empreendimentos foram decisivos na ocorrência do desastre. Uma das posições mais críticas sobre o tema pode ser encontrada em Fearnside (2014).

22 municípios), as fossas rudimentares (em 26) e as fossas secas (em 1). Já a captação de água nos 48 municípios que dispunham de rede de distribuição era realizada superficialmente (em 40), em poços rasos (em 3) e em poços profundos (em 14). Nos 4 dos 52 municípios que não possuíam o serviço, o acesso a água se dava via poços particulares.

Dados um pouco mais recentes da Pesquisa Nacional de Domicílios (IBGE, 2010) mostram uma evolução muito tímida desse quadro em Rondônia. Em termos percentuais, apenas 38,5 % dos domicílios do estado contavam com abastecimento de água por rede geral e cerca de 6,1 % apresentavam rede geral de esgoto. O restante da população obtinha água em poços (60,4 %) e utilizava fossas rudimentares (71,7 %) e sépticas (16,0 %). No que se refere à destinação dada aos resíduos sólidos, 72,6 % era coletado e 24,5 % era queimado.

Em Porto Velho, o saneamento básico também é incipiente. Dados do Instituto Trata Brasil (2012) indicam que apenas um terço (32,89 %) da população do município dispunha de abastecimento de água pela Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia (Caerd), empresa estatal que enfrenta diversos problemas de ordem financeira (figura 51). Como agravante, parte da água distribuída à população pela Caerd é obtida em poços tubulares profundos, o que não é o mais adequado. A captação de água superficial para abastecimento de parte da população de Porto Velho é feita no rio Madeira, à montante da área urbana, com duas estações de tratamento de água. O restante da população obtém água a partir do sistema de poços amazonas que recolhem água da parte mais superficial do lençol freático, normalmente contaminada.

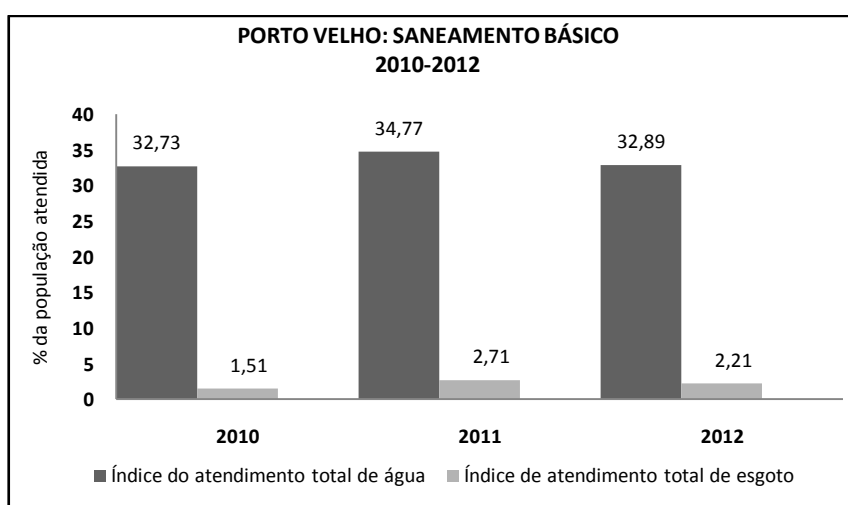


Figura 51

Porto Velho: saneamento básico - 2010-2012
 Fonte: Instituto Trata Brasil / Elaboração: FRANCA, R. R.

A rede de esgoto atendia a apenas cerca de 2,21 % da população do município (figura 52) e a utilização de fossas predomina tanto no distrito sede como nos outros 11 distritos periféricos. Não existe qualquer tipo de tratamento de esgoto e a ínfima parcela da população que dispõe de rede coletora tem seus efluentes lançados diretamente no rio Madeira. Dados do IBGE (2008) indicam que 47% dos domicílios no município utilizavam fossas sépticas, 20% fossas rudimentares e 5% lançavam seus dejetos em valas, rios e outros escoadouros.



Figura 52
Rede de Esgoto na área urbana de Porto Velho
Fonte: Plano Diretor de Porto Velho (2007)

As fossas encontram-se, quase sempre, instaladas de forma inadequada, em posição incorreta no terreno ou muito próximas a poços. Em episódios de cheia, o avanço dos rios sobre essas áreas causa o transbordamento (vazamento) das estruturas, o que promove contaminação da água fluvial e subterrânea. O uso de poços para obtenção de água fica comprometido. Durante a cheia de 2014 centenas de poços ficaram submersos e tiveram que ser interditados (lacrados) pelas autoridades em Porto Velho. O uso de carros-pipa se fez necessário para evitar o desabastecimento de água à população.

Rodrigues (2008) realizou ampla avaliação da qualidade das águas subterrâneas em Porto Velho e concluiu que os poços amazonas encontram-se com

altos índices de contaminação bacteriológica, com a presença de coliformes fecais e totais, tornando-se impróprios para o consumo humano e em alguns casos até mesmo para uso no lazer. Diante de tudo isso, a capital de Rondônia se colocou na 100ª posição no *ranking* anual do Trata Brasil, sendo assim classificada como a pior capital brasileira no que se refere ao saneamento básico em 2012.

Quanto à presença de sistemas de drenagem urbana, o IBGE (2008) destaca que 46 dos 52 municípios de Rondônia apresentam o serviço, seja por meio de sistemas superficiais (em 44) ou subterrâneos (em 30). Em Porto Velho, o sistema de drenagem é, em geral, realizado por meio de canais a céu aberto, sem revestimento, complementados por canais de micro drenagem superficial que cobrem apenas cerca de 37% das vias existentes (figura 53). Mesmo nessas vias, a deterioração e a falta de manutenção das instalações dificulta o escoamento das águas durante e após os intensos eventos de chuva, comuns na região (figura 54a; 54b).²⁹

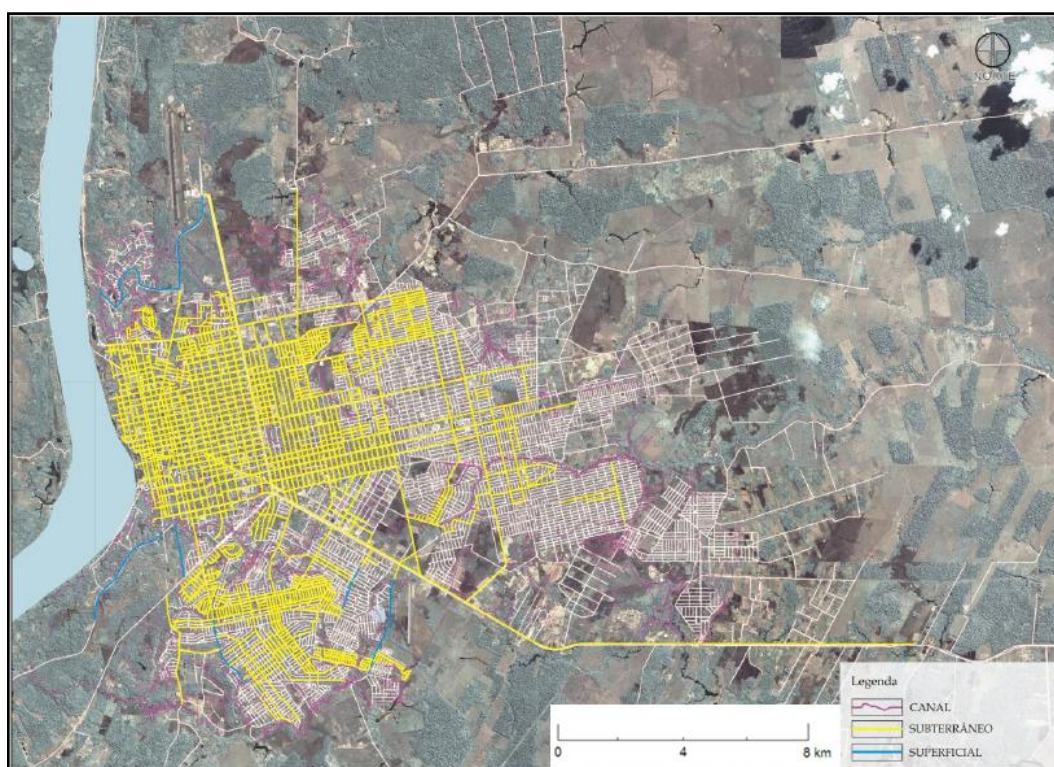


Figura 53
Rede de Drenagem na área urbana de Porto Velho
Fonte: Plano Diretor de Porto Velho (2007)

²⁹ O acúmulo de água na superfície durante ou após episódios de chuva (alagamentos) é favorecido pela topografia predominantemente plana da cidade de Porto Velho.



Figura 54

Ausência de asfalto e rede de drenagem em rua da área central de Porto Velho (a); acúmulo de água após chuva (b)

Fotos: FRANCA, R. R.

Em Porto Velho, durante o evento de 2014, além da elevação do nível do rio Madeira, diversos de seus afluentes (igarapés) sofreram com os efeitos do remanso, quando há represamento e retardamento da vazão de um rio. O fenômeno é visível nas áreas de confluência desses cursos d'água com o rio principal, o que promoveu o avanço das inundações igarapés adentro. Como isso ocorreu em áreas densamente povoadas, com presença de fossas e resíduos sólidos, o resultado foi a rápida eutrofização das águas, fato associado à elevada concentração de nutrientes (fósforo e nitrogênio). A reprodução de macrófitas nesses corpos líquidos sinaliza a presença de poluição, como mostrado nas imagens da figura 55.





Figura 55

Remanso do Igarapé dos Tanques em Porto Velho e proliferação de macrófitas pela eutrofização das águas

Fotos: Iago Ribeiro (a); Rondônia Ao Vivo (b, c, d)

O contato direto da população com a água contaminada está estreitamente relacionado com o crescimento das notificações de algumas doenças, como leptospirose e diarreias. Durante as enchentes e inundações de 2014 em Rondônia foi registrado aumento expressivo nas ocorrências de leptospirose.

A leptospirose é uma infecção sistêmica, aguda, febril, causada por bactérias (espiroquetas) do gênero *Leptospira* presente na urina de ratos e outros animais (bovinos, suínos e cães). No Brasil, a leptospirose é considerada uma doença endêmica e constitui sério risco à saúde pública. A manutenção da doença no país é favorecida por razões climáticas e pela vasta população de roedores que se prolifera entre o lixo espalhado sobre vias e terrenos baldios em áreas urbanas e rurais com saneamento básico precário (FIGUEIREDO *et al.*, 2001).

Tassinari *et al.* (2004) destacam que a doença se caracteriza pelo aparecimento de surtos nas épocas de maior precipitação pluviométrica, quando da ocorrência de enchentes e inundações. Contudo, há situações em que a transmissão ocorre após esses eventos, por meio do contato do indivíduo com o solo úmido (lamaçal), onde as bactérias apresentam sobrevida longa.

Dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) mostram que, entre janeiro e agosto de 2014, foram confirmados 134 casos da doença em Rondônia. Em anos marcados pela seca, como 2005 e 2010, foram registrados, respectivamente, 4 e 15 casos de leptospirose no estado. Anos com comportamento pluvial próximo ao habitual, como 2011, apresentaram 56 confirmações da doença.

No município de Porto Velho, nos meses de março, abril e maio foram notificados, respectivamente, 79, 70 e 47 casos da doença, conforme dados da Secretaria Municipal de Saúde de Porto Velho (SEMUSA/PVH). Esse período coincide com o momento mais crítico das inundações, quando o nível dos rios estava mais elevado (figura 56). Entre janeiro e agosto de 2014 foram confirmados 63 casos de leptospirose em Porto Velho, valor expressivamente superior ao total de casos confirmados em anos como 2010 (8 casos), 2011 (19 casos) ou 2012 (9 casos) (SINAN). Além disso, foram registrados 4 óbitos pela doença em 2014.

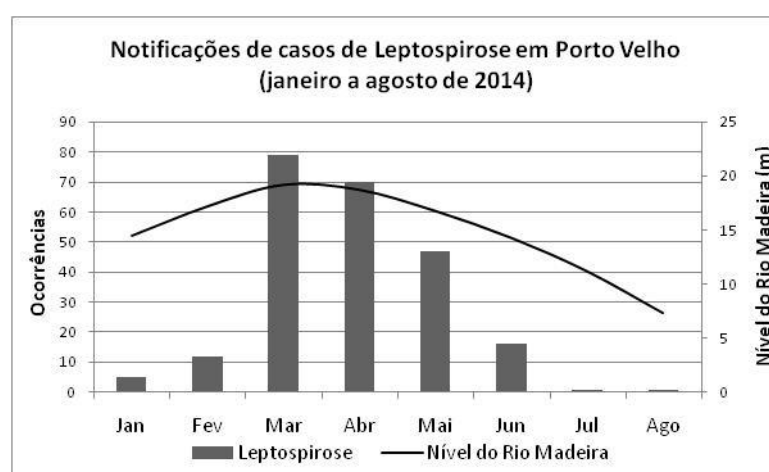


Figura 56

Notificações de casos de Leptospirose em Porto Velho (2014)
 Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Porto Velho (SEMUSA/PVH)
 Elaboração: FRANCA, R. R.

As imagens da figura 57 ilustram situações de contato da população com a água das inundações em Porto Velho no ano de 2014.



Figura 57

Crianças e animais em contato com a inundação em Porto Velho. Risco de leptospirose
 Fotos: Iago Ribeiro (esq.); Diário da Amazônia (dir.)

Em Rondônia, durante a cheia de 2014, também foram registradas milhares de ocorrências de Doenças Diarréicas Agudas (DDA). A DDA é uma síndrome causada pela ingestão de água ou alimentos contaminados por diferentes agentes etiológicos (bactérias, vírus e parasitas). Sua manifestação se dá por meio do aumento do número de evacuações, com fezes aquosas ou de pouca consistência, que podem ser acompanhadas por náuseas, vômitos, febre e dor abdominal.

A doença atinge mais facilmente crianças com até cinco anos de idade, sendo sua mortalidade mais comum naquelas menores de dois anos. A desidratação e o impacto negativo no estado nutricional da criança, duas das principais complicações associadas às DDAs, constituem alguns dos maiores problemas de saúde pública nessa faixa etária no Brasil (QUEIROZ *et al.*, 2009).

Façanha e Pinheiro (2005) consideram que a ocorrência da doença está associada ao consumo de água contaminada por bactérias e outros agentes etiológicos após picos de pluviosidade e inundações. O uso de água não tratada (de poços, por exemplo), que sofreu contato com excretas humanas e animais, aumenta a frequência de diarreias no período chuvoso. Investimentos em saneamento e a melhoria da qualidade e do acesso à água são fatores essenciais na promoção da saúde e redução da incidência e prevalência de diversas doenças, em especial da mortalidade infantil por DDAs (QUEIROZ *et al.*, 2009).

A ocorrência da DDA associa-se a um conjunto de fatores socioeconômicos, culturais, nutricionais e ambientais, representando importante indicador epidemiológico para estudiosos e autoridades sanitárias em todo o mundo (MORAES, 1997). O Brasil é um dos países com maior incidência de DDAs, o que impacta as taxas de mortalidade infantil. Segundo Queiroz *et al.* (2009, p. 481) “as dificuldades para monitorar a doença decorrem de sua elevada incidência e do incorreto entendimento, de parte da população e dos profissionais que atuam na saúde pública, de que é ‘normal’ a ocorrência da diarreia no Brasil.” É importante considerar, ainda, que as diarreias não fazem parte do elenco de doenças de notificação compulsória no Brasil, o que torna suas estatísticas pouco conhecidas (FAÇANHA e PINHEIRO, 2005).

Em Rondônia houve registro de 9.602 casos de DDA de 29 de dezembro de 2013 a 5 de abril de 2014 (da 1ª a 14ª semana epidemiológica), sendo 1.668 casos no município de Porto Velho. Esses valores, ainda que elevados, são ligeiramente inferiores àqueles registrados no mesmo período de 2013: 11.324 casos em

Rondônia e 2.260 em Porto Velho (AGEVISA/RO). Segundo a própria AGEVISA, embora haja percepção de aumento no atendimento de pessoas com diarreias durante os eventos de 2014, o fato dos dados apontarem o contrário pode ser explicado por perdas de informações, sobrecarga das equipes e atrasos nos envios das notificações, o que evidencia fragilidades nos bancos de dados sobre saúde pública:

Há uma percepção dos profissionais que trabalham nas Unidades Básicas de Saúde, de que houve aumento no atendimento de diarreias a partir de janeiro/2014, entretanto, essa informação não é refletida nos dados coletados no sistema de informação específico de diarreias, o SIVEP-DDA, que mostra, nesse período, diminuição de casos, tanto no estado, quanto em Porto Velho. Esses dados provavelmente estão subnotificados, em decorrência de: perda de UBS notificantes; equipes das UBS em áreas atingidas estão sobrecarregadas, com deficiente registro de casos; atraso no envio da informação. (AGEVISA/RO – Boletim Enchentes nº 02, p. 3)

Outra doença que causou preocupação durante as inundações de 2014 foi a cólera. Exames confirmaram a presença do vibrião colérico nas águas do rio Madeira na região do distrito de Jaci-Paraná (em torno de 100 quilômetros da cidade de Porto Velho), no entanto, as bactérias encontradas não se tratavam dos víbrios 1 e 139 que transmitem a doença. Desde 1995 não são registrados casos de cólera no estado. Por outro lado, foram confirmados 2 casos de febre tifóide em Porto Velho (SINAN), a doença é causada pela ingestão da bactéria *Salmonella typhi* em alimentos ou água contaminada. Em 2013 não houve registros de febre tifóide em Rondônia, já os anos de 2011 e 2012 apresentaram 1 caso cada.

Endemias como a dengue e a malária, por sua vez, não apresentam relação tão direta com a ocorrência de inundações. No caso da dengue, o vírus é transmitido por meio da picada da fêmea do mosquito *Aedes (aegypti e albopictus)*. Esse vetor tem hábitos diurnos e se reproduz sobre depósitos artificiais de água parada (inclusive entre o lixo) em regiões sob condições climáticas favoráveis (temperatura, precipitação pluvial e umidade). Segundo a Organização Mundial de Saúde, a dengue faz parte do grupo de doenças tropicais negligenciadas, associadas à pobreza e demais vulnerabilidades sociais (OMS, 2010).

Consoli e Oliveira (1994) indicam que os criadouros preferenciais desse vetor são os recipientes artificiais abandonados preenchidos pela água das chuvas, assim como aqueles utilizados para armazenar água para fins domésticos, “desde que a água armazenada seja limpa, isto é, não turva, pobre em matéria orgânica em

decomposição e em saís, e acumulada em locais (recipientes) principalmente sombreados e de fundo ou paredes escuras” (p. 116).

Segundo esses autores, o vetor tem sua densidade populacional diretamente influenciada pela ocorrência de chuva, quando sua população atinge níveis elevados e de importância para fins de transmissão. Apesar disso, é capaz de manter população considerável durante o período seco, “a custa dos criadouros semipermanentes e independentes das chuvas (caixas d'água, cisternas, latões etc)” (CONSOLI e OLIVEIRA, 1994, p. 116).

Além dos fatores climáticos associados à reprodução dos vetores, a proliferação da doença se deve, principalmente, a fatores socioeconômicos. Mendonça *et al.* (2009) afirmam que a compreensão da dinâmica da dengue requer a interpretação do processo histórico, das políticas públicas de controle da doença, das ações efetivadas para minimizar o seu impacto e da prática do planejamento urbano adequado; e que diversos fatores estão associados às recorrentes epidemias nos países tropicais, dos quais destacam-se:

a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, o rápido crescimento demográfico associado à intensa e desordenada urbanização, a inadequada infraestrutura urbana, o aumento da produção de resíduos não-orgânicos, os modos de vida na cidade, a debilidade dos serviços e campanhas de saúde pública, bem como o despreparo dos agentes de saúde e da população para o controle da doença.” (MENDONÇA *et al.*, 2009, p. 258).

Para Tauil (2002), a multiplicação e disseminação do mosquito vetor da doença no Brasil se deve ao rápido crescimento urbano, às condições insatisfatórias de habitação e saneamento básico nas cidades, ao crescente uso de embalagens descartáveis pelo processo industrial moderno e ao aumento na utilização de veículos automotores, que multiplicou a fabricação de pneus. No Brasil, a doença tem sido considerada endêmica, com ápice de notificações durante a estação chuvosa ano após ano. Em 2013 foram registrados 1.452.489 ocorrências de dengue clássica no país (BRASIL, 2013). Em 2014 foram 591.080 casos prováveis (BRASIL, 2015).

Em Rondônia, no período 1990-2013, os anos de 2010 e 2009 foram os que apresentaram maior número de ocorrências de dengue clássica. Enquanto em 2010 foram registrados 20.294 casos e taxa de incidência de 1.298,9 casos/100 mil habitantes, o ano de 2009 apresentou 18.767 casos e incidência de 1.345,8/100 mil habitantes. Em 2013 foram 8.732 casos no total (BRASIL, 2013). Em 2014, da 1ª a

53ª semana epidemiológica, foram registrados 2.104 casos de dengue em Rondônia, segundo dados preliminares do Ministério da Saúde. Portanto, as enchentes e inundações históricas de 2014 não repercutiram no aumento dos registros de dengue no estado.

Em Porto Velho, o Levantamento do Índice Rápido do *Aedes aegypti* (LIRAa) frequentemente inclui o município na categoria de risco. Entre janeiro e agosto de 2014, foram notificados 571 casos no município, dos quais 149 confirmados. As notificações da doença nesse período atingiram seu auge nos meses de março (165 notificações e 43 confirmações) e abril (116 notificações e 33 confirmações), conforme exibido na figura 58 (SEMUSA/PVH). O valor é inferior ao total do que foi confirmado em anos como 2010 (3.139 casos) e 2009 (1.146 casos), mas é superior ao que ocorreu em 2011 (49 casos) e 2012 (35 casos) (SINAN). Os dados sugerem a importância de outros fatores, que não as inundações, para compreensão da dinâmica de disseminação da dengue, posto que o ano de 2010, quando houve explosão dos casos, foi marcado por uma expressiva seca no sul da Amazônia.

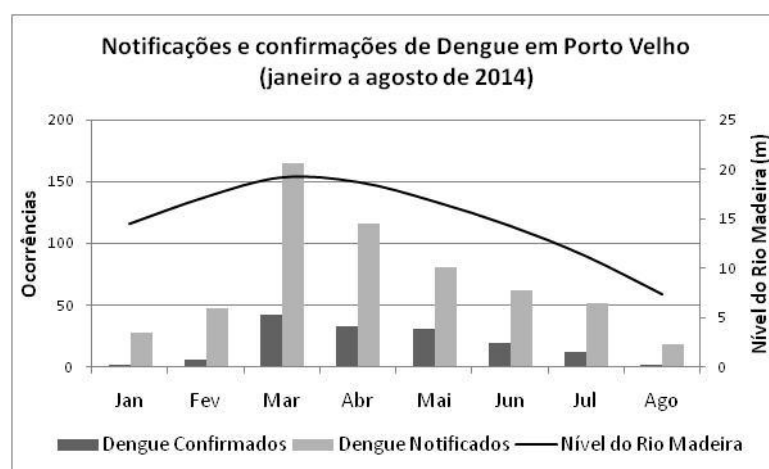


Figura 58

Notificações e confirmações de Dengue em Porto Velho (2014)

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Porto Velho

Elaboração: FRANCA, R. R.

A malária é outra doença tropical, de ocorrência focal, que atinge de forma endêmica a região Amazônica. A doença é transmitida pela picada da fêmea do *Anopheles*, contaminada pelo protozoário parasita plasmódio. Esse vetor é encontrado em áreas de baixa altitude, quase sempre associado aos cursos d'água, planícies inundáveis e florestas. Segundo Consoli e Oliveira (1994), o vetor utiliza

grandes corpos líquidos para o seu desenvolvimento, tais como: lagoas, açudes, represas e bolsões formados nas curvas dos rios onde há pouca correnteza:

“seus criadouros são, por excelência, de águas profundas, limpas, pouco turvas e ensolaradas ou parcialmente sombreadas, onde suas larvas e pupas habitam as margens, escondidas entre a vegetação emergente ou flutuante e os detritos vegetais caídos na superfície líquida. Estes criadouros são utilizados, indiscriminadamente, durante todo o ano e, por serem permanentes, funcionam como focos de resistência durante a estação mais seca. Contudo, durante a estação chuvosa, *An. darlingi* pode empregar uma grande variedade de coleções líquidas de tamanho e profundidade menores, tais como: valas, poças e impressões de patas de animais. (CONSOLI e OLIVEIRA, 1994, p. 80)

Embora a reprodução do vetor na Amazônia ocorra durante todo o ano, sua abundância se dá no final da estação chuvosa, antes da transição para a estação seca. Consoli e Oliveira (1994) afirmam que tal padrão decorre, provavelmente, da elevada mortandade de larvas e pupas do vetor durante o auge da estação chuvosa, já que “enxurradas podem arrastá-las das margens dos criadouros, afogando-as e interrompendo o seu desenvolvimento” (p. 81). Já no final da estação seca ocorre relativo rareamento em sua reprodução.

Na Amazônia, a ocorrência da doença não é homogênea, pois varia em função dos diferentes usos e ocupação do solo e das modalidades de exploração econômica dos recursos naturais. As áreas focais de incidência da doença são aquelas de ocupação recente, como os garimpos abertos, os assentamentos espontâneos e as periferias das cidades (BARATA, 1995). O mosquito se beneficia das alterações que o homem produz no ambiente silvestre, como a substituição da floresta por cultivos, pastagens ou garimpos (CONSOLI e OLIVEIRA, 1994). A população que ocupa essas áreas é mais suscetível, pois ainda não apresenta imunidade ao plasmódio, o que facilita a disseminação da doença.

Historicamente, as primeiras tentativas de controle da malária no Brasil ocorreram entre o final do século XIX e início do século XX e com a implantação da Campanha de Erradicação da Malária, em 1965. Na região amazônica, somente após a criação do Plano de Intensificação das Ações de Controle da Malária na Amazônia Legal, em 2000, é que os resultados foram mais efetivos (LOIOLA *et al.*, 2002).

Em Rondônia como um todo, o Índice Parasitário Anual (IPA) caiu de 163,0 casos por mil habitantes em 1990 para 14,7/mil em 2012. Situação semelhante foi observada em Porto Velho, onde o IPA tem caído desde 2005, quando o município

apresentava uma situação de alto risco, com 123,8/mil. Em 2011, o IPA de Porto Velho foi de 42,2/mil (médio risco) (SINAN). Os casos registrados no município ocorrem nas áreas mais periféricas da cidade, menos antropizadas, próximas à floresta.

Entre janeiro e agosto de 2014 foram registrados 3.662 casos em Porto Velho e o ápice das notificações ocorreu entre julho e agosto, após a estação chuvosa, época da vazante dos rios, conforme mostra a figura 59 (SEMUSA/PVH). Portanto, assim como a dengue, a malária não se relaciona tão diretamente com a ocorrência de enchentes ou inundações.

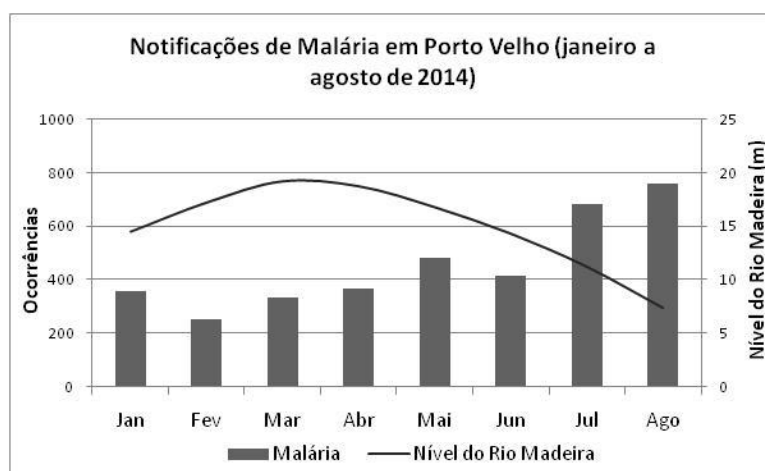


Figura 59
Notificações de Malária em Porto Velho (2014)
Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Porto Velho
Elaboração: FRANCA, R. R.

Outro risco associado à elevação do nível dos rios em Rondônia é o aumento dos acidentes por animais peçonhentos, como cobras, jacarés, escorpiões e aranhas. Em 2014, de janeiro a agosto, foram registrados 590 casos desse tipo em Rondônia (SINAN). Em Porto Velho, no mesmo período, foram contabilizados 150 casos, sendo 29 apenas em março (SEMUSA/PVH). A figura 60 mostra que há uma correlação direta entre essas ocorrências e a elevação do nível dos rios.

É importante ressaltar, contudo, que esse tipo de ocorrência não é exclusivo de anos como 2014. A variação sazonal do nível dos rios amazônicos ocorre periodicamente e cheias de qualquer magnitude potencializam o risco de acidentes com cobras e jacarés, por exemplo. No entanto, há que se considerar, também, acidentes com escorpiões e aranhas, seres de *habitat* terrestre. Em 2013 foram registrados 882 casos em Rondônia e mesmo em anos de secas como 2010 e 2005 foram registrados, respectivamente, 737 e 1.072 ocorrências (SINAN).

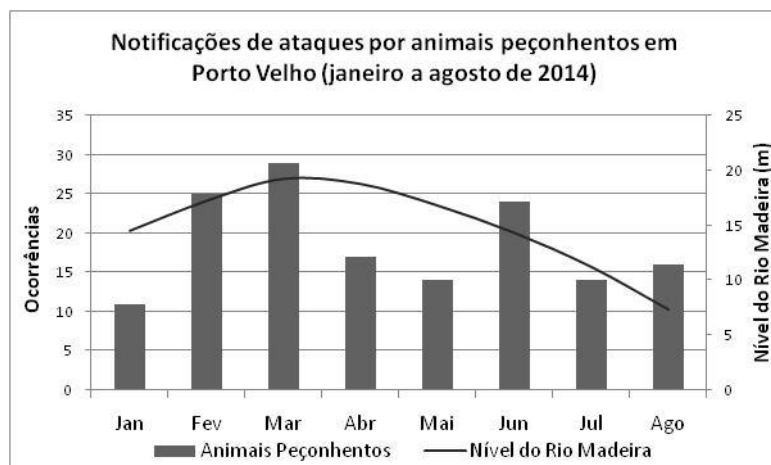


Figura 60

Notificações de acidentes por animais peçonhentos em Porto Velho (2014)

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Porto Velho

Elaboração: FRANCA, R. R.

As imagens da figura 61 mostram a população, especialmente crianças, em contato direto com a água em ambientes inundados. Elas parecem ignorar os riscos à saúde e perigo iminente de acidentes com animais, como jacarés (61d).

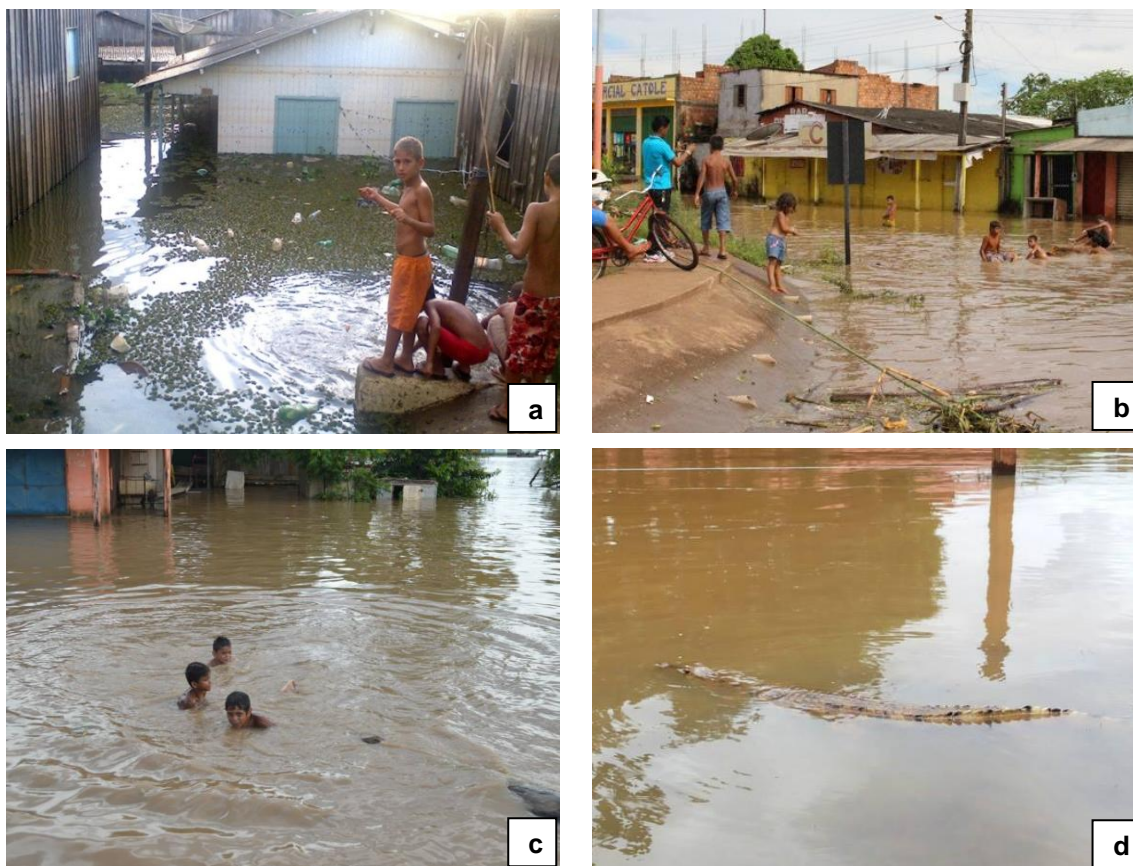


Figura 61

Crianças ignoram os riscos à saúde em bairros inundados de Porto Velho (a, b, c); Filhote de jacaré em inundação no centro da capital (d)

Fotos: Iago Ribeiro (a); Ana Luiza/G1 (b); Mario Venere (c, d).

4.2 Habitação – áreas de risco à inundação

O avanço dos rios Madeira, Mamoré e Abunã para muito além de suas cotas de emergência provocou diversos danos materiais e prejuízos públicos e privados nos municípios de Porto Velho, Guajará-Mirim e Nova Mamoré. Ao todo foram 11 municípios atingidos: 1 em estado de calamidade (Porto Velho); 4 em estado de emergência (Guajará Mirim, Nova Mamoré, Rolim de Moura e Pimenta Bueno); e 6 em estado de alerta (Costa Marques, Cacoal, Ji-Paraná, Jaru, Candeias do Jamari e Santa Luzia).

Milhares de pessoas foram afetadas e obrigadas a deixar suas residências por estarem em situação de risco e vulnerabilidade, como em Áreas de Preservação Permanente (APPs) impróprias à ocupação humana. Em Porto Velho, além de residências, 31 prédios públicos, de todas as esferas do poder, foram danificados pelo avanço das águas, a exemplo das sedes da Receita Federal, Justiça Federal, Tribunal Regional Federal e Tribunal Regional Eleitoral (figura 62).



Figura 62

Edifícios do Tribunal Regional Eleitoral e da Justiça Federal no centro de Porto Velho (abril de 2014)
Fotos: Alyson Ribeiro

A rede hidrográfica da área urbana de Porto Velho é composta por 11 bacias principais – Igarapé Santa Bárbara, Grande, dos Tanques, da Penal, Tancredo Neves, Caladinho, Gurgel, Pantanal, Castanheira, São Tomé e Bate-Estacas. Segundo o Plano Diretor do Município (2007) essas bacias se dividem em bacias secundárias com mais de 100 quilômetros de igarapés, 200 nascentes e área superior a 15 mil hectares. No total, são aproximadamente 224,28 km de cursos d'água na área urbana do município (SILVA, 2014) (figura 63).

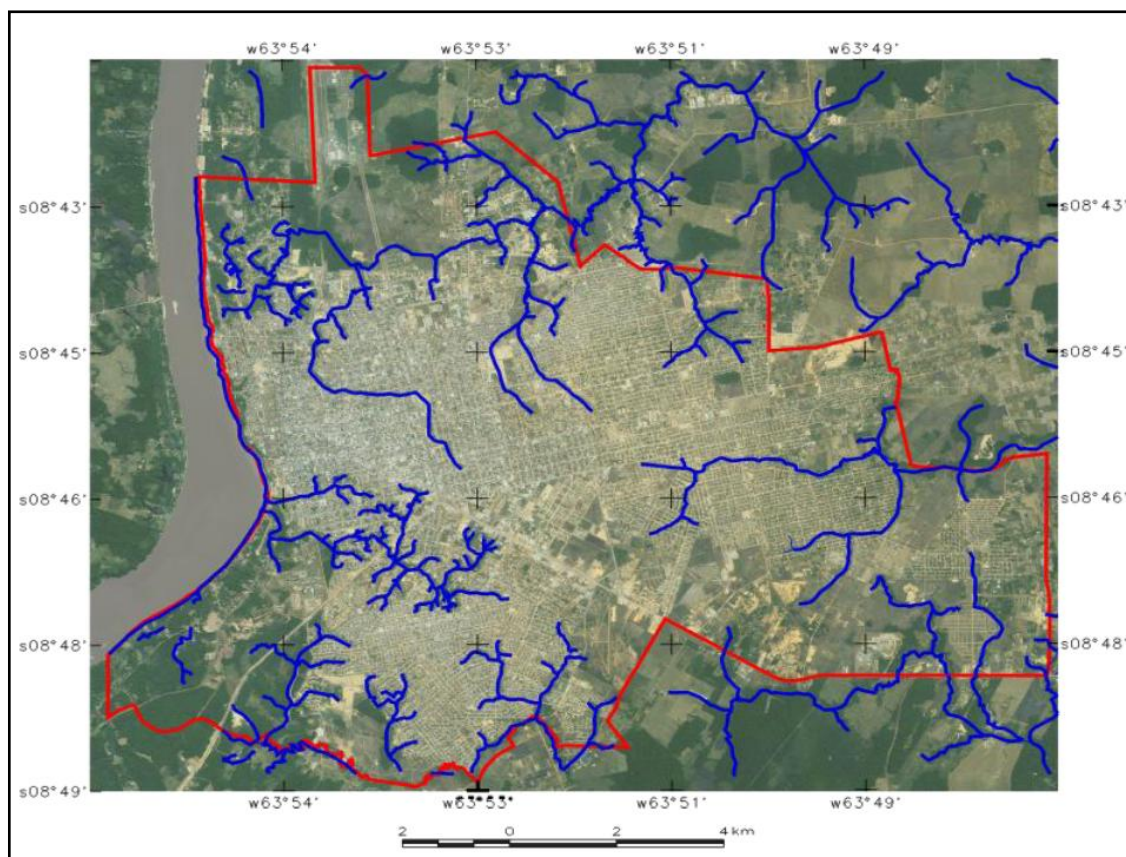


Figura 63
 Rede hidrográfica na área urbana de Porto Velho
 Fonte: SILVA (2014)

O artigo 47 da lei municipal nº 097/99 que dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo no município de Porto Velho designa áreas de interesse ambiental (p. 14):

- I. ao longo de qualquer curso d'água, a partir da linha de máxima cheia, será:**
 - a) no canal do Bate Estaca, de 50 m (cinquenta metros);**
 - b) nos canais das Lavadeiras, Santa Bárbara, Penal e Tanques, de 25 m (vinte e cinco metros);**
 - c) outros canais será de 15 m (quinze metros).**
- II. ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;**
- III. nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a situação topográfica;**
- IV. no topo dos morros;**
- V. nas encostas ou parte destas, com declividade superior a 45° (quarenta e cinco graus), equivalente a 100% da linha de maior declive. (PORTO VELHO. Lei Complementar nº 097, de 29 de dezembro de 1999. p. 14, grifo nosso)**

O Novo Código Florestal Brasileiro – lei federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 – estabelece em seu artigo 4º que as APPs devam ser as faixas marginais à qualquer curso d'água natural, com largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; (BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012)

Apesar disso, as leis municipal e federal não são cumpridas e mesmo ao longo do rio Madeira, onde existe a Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Madeira, ocorrem diversas formas de ocupação irregular. Silva (2014) utilizou técnicas de geoprocessamento para delimitar as APPs na área urbana de Porto Velho e mensurar o desmatamento, segundo os critérios das leis municipal e federal. Os resultados mostram que a maior parte daquilo que deveria estar preservado não está (tabela 12).

TABELA 12: ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA ÁREA URBANA DE PORTO VELHO

	APP 15 metros (lei municipal)	APP 30 metros (lei federal)
Desmatada	635,04 ha	828,00 ha
Preservada	321,41 ha	439,03 ha
Total	956,45 ha	1267,03 ha

Fonte: SILVA (2014)
Elaboração: FRANCA, R. R.

A autora destaca algumas situações de risco observadas em campo, decorrentes da ocupação de áreas inadequadas para tal fim, e apresenta uma carta imagem da cidade indicando as APPs preservadas e desmatadas (figura 64):

(...) foi possível observar grandes irregularidades com relação às Áreas de Preservação Permanente que se encontram na área urbana da cidade de Porto Velho. A pesquisa de campo constatou situações de risco para a sociedade e para o meio ambiente, sendo elas: construção de casas próximas aos cursos d'água, grande quantidade de lixo espalhado em torno e no interior dos igarapés (...) Como consequência observa-se diversas alterações, tais como: modificação nos processos hidrológicos das bacias, gerando impactos na qualidade das águas, aumentando o transporte de sedimentos (...) além da proliferação de doenças na cidade de Porto Velho. A falta de planejamento da expansão urbana por parte do poder público contribui para o agravamento do problema. Desta forma, a população de baixa renda instala-se em ambientes inadequados e de pouco interesse imobiliário, e na maioria das vezes, destinados às áreas de preservação permanente. (SILVA, 2014, p. 31)

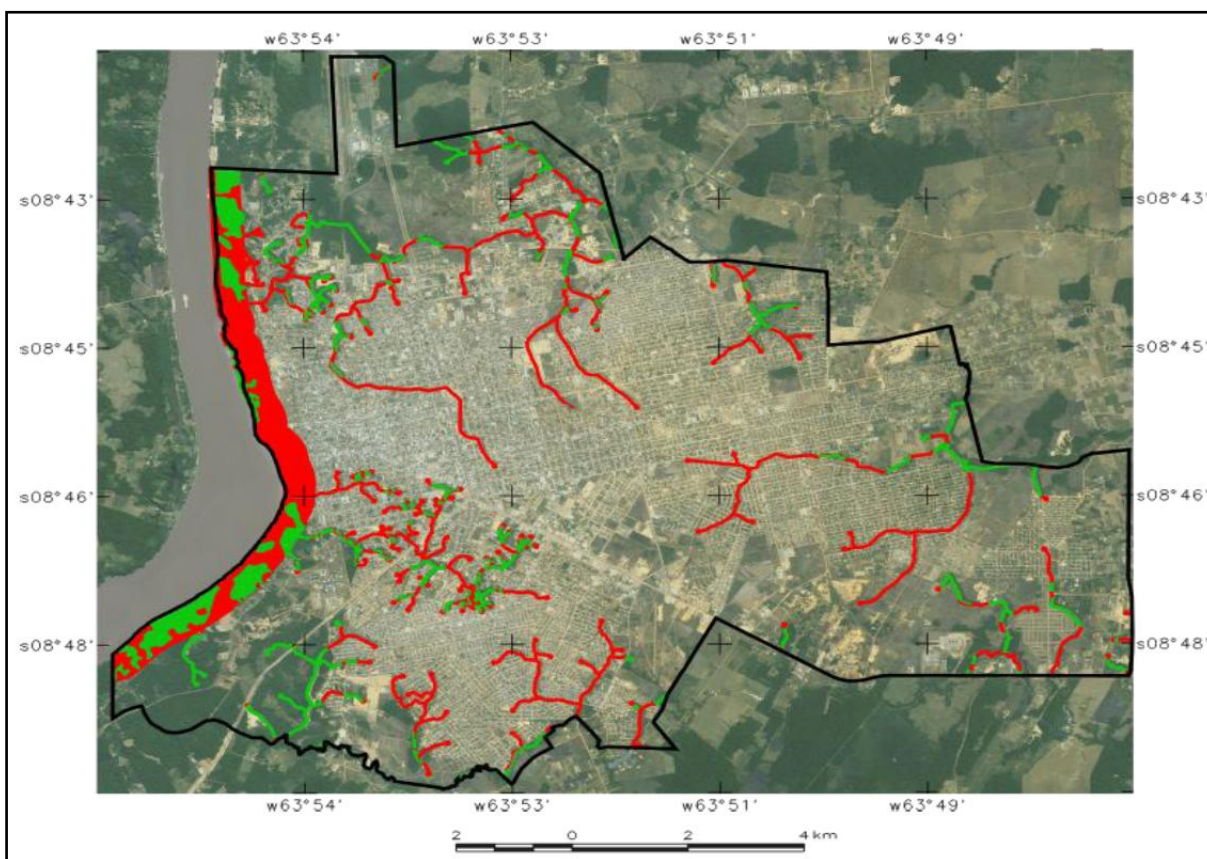


Figura 64

Áreas de Preservação Permanente (APPs) na cidade de Porto Velho – desmatadas (vermelho) e preservadas (verdes)

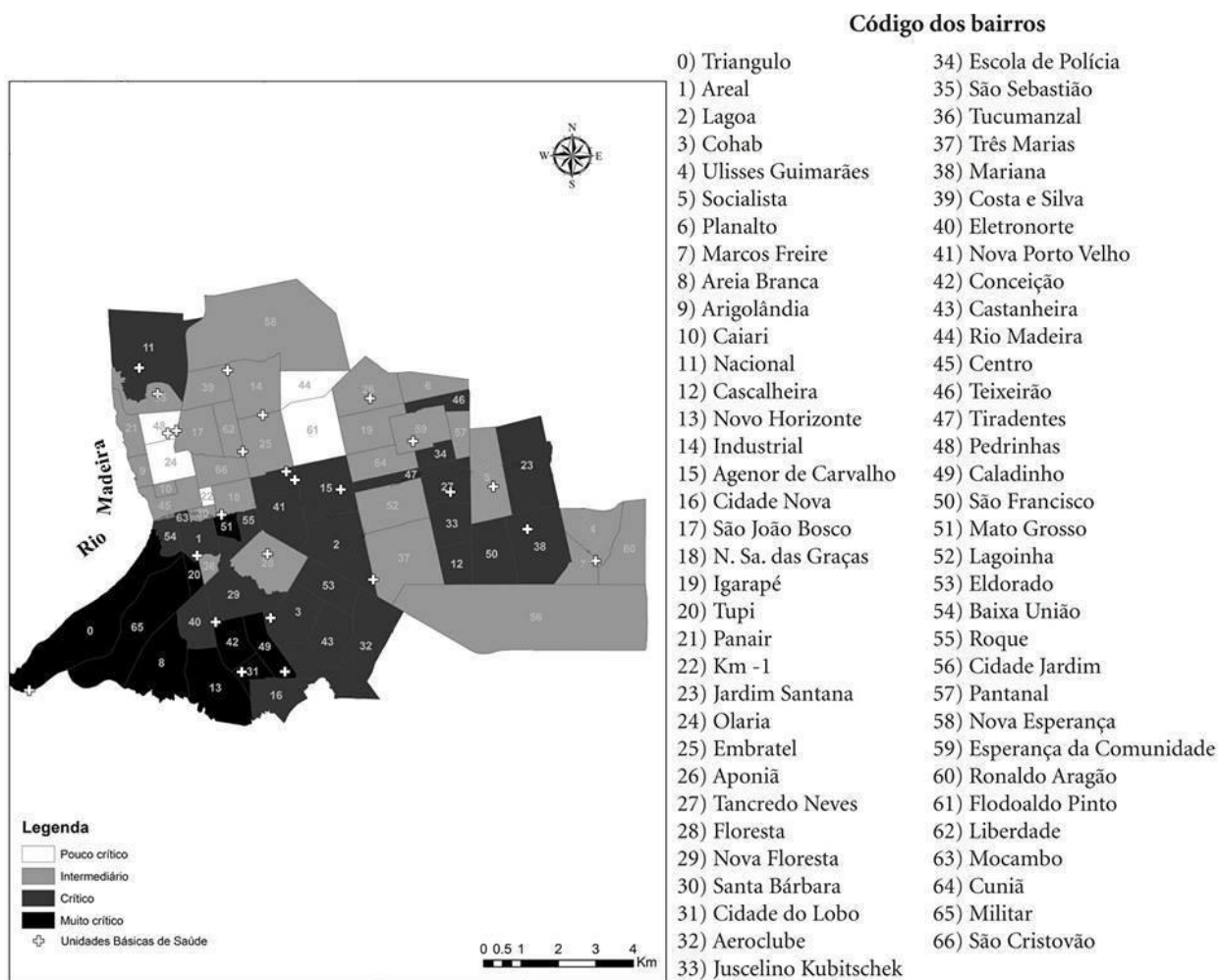
Fonte: SILVA (2014)

Gonçalves *et al.* (2014) construíram um indicador síntese para mensurar a vulnerabilidade socioambiental da população em situação urbana no município de Porto Velho. Foram conjugados aspectos sociais (rendimento e escolaridade), habitacionais (infraestrutura e saneamento) e relativos à saúde para o ano de 2010.

Os autores concluíram que 51 % da população residente na área urbana de Porto Velho, cerca de 157 mil pessoas, estão em condição de extrema e alta vulnerabilidade. A figura 65 mostra a distribuição espacial, por bairros, do indicador de vulnerabilidade socioambiental proposto. Nota-se que bairros localizados à margem do rio Madeira e nas zonas sul e leste da cidade (periferias sociais) são aqueles que apresentam maior vulnerabilidade.

Portanto, é necessário considerar que, os setores da população de menor renda, justamente por disporem de menos recursos e serem submetidos à ocupação de áreas de risco, negligenciadas pela especulação imobiliária, enfrentam maiores dificuldades para lidar (ou fazer face) ao desastre.

Durante os episódios de 2014, 1.678 famílias ficaram desabrigadas ou desalojadas em função do avanço das águas do rio Madeira sobre a área urbana de Porto Velho. Os bairros Triângulo (código 0 no mapa), Areal (1), Baixa União (54), Tucumanzal (36), Mocambo (63), Santa Bárbara (30) e o Centro (45), na bacia do Igarapé Grande; além do São Sebastião (35) e Nacional (11), na bacia do Igarapé dos Tanques (zona norte), foram gravemente atingidos (JUSTINA *et al.*, 2014).



a partir de dados do IBGE³, INPE¹⁰ e SEMUSA/PVH¹¹.

Figura 65
Porto Velho: Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental por bairros
Fonte: Adaptado de GONÇALVES *et al.* (2014)

No total, o município de Porto Velho teve 3.758 famílias desabrigadas ou desalojadas pela enchente e inundação do rio Madeira. A tabela 13 a seguir mostra a quantidade de famílias afetadas no distrito sede (área urbana), no chamado baixo Madeira – onde estão os diversos distritos ribeirinhos, e ao longo da BR-364, no sentido Acre.

TABELA 13: NÚMERO DE FAMÍLIAS ATINGIDAS PELA CHEIA DE 2014 EM PORTO VELHO

Região	Total	Famílias desabrigadas	Famílias desalojadas
Área urbana	1.678	381	1.297
Baixo Madeira (margem direita)	1.727	1.162	565
Baixo Madeira (margem esquerda)	71	23	48
Eixo BR 364	282	80	202
Total	3.758	1.646	2.112

Fonte: Secretaria Municipal de Assistência Social de Porto Velho (28/04/2014)

Elaboração: FRANCA, R. R.

As imagens da figura 66 ilustram algumas das situações de risco às inundações em bairros de Porto Velho.





Figura 66

População em áreas de risco às inundações em bairros de Porto Velho

Fotos: Alan Rocha (a); Wanerson Freitas (b); Mario Venere (c, d); Iago Ribeiro (e); Alyson Ribeiro (f).

Os desabrigados foram levados para 67 abrigos em Porto Velho (escolas, igrejas e associações), além do “Abrigo Único”, onde foram montadas 300 barracas de lona cedidas pelo Governo Federal de tamanho 4,60 x 5,50 metros. O denominado Abrigo Único, criado pela Defesa Civil no Parque de Exposições de Porto Velho, foi alvo de muitas críticas. O principal motivo de queixa da população foi o calor sentido dentro dessas estruturas – inadequadas para o clima quente e úmido da região (figura 67).



Figura 67

Barracas do Abrigo Único em Porto Velho

Fotos: Gaia Quiquô/G1

A ocupação de escolas pelos desabrigados causou outro problema para a população: a interrupção do calendário escolar. Dados das secretarias municipal e estadual de educação mostram que, somente em Porto Velho, 46 escolas municipais e 15 estaduais tiveram seu funcionamento interrompido, seja por danos causados pelas inundações ou por servir de abrigo, o que afetou em torno de 16 mil alunos (tabela 14).

TABELA 14: NÚMERO DE ESCOLAS E ALUNOS ATINGIDOS PELA CHEIA DE 2014 EM PORTO VELHO

Rede Municipal			Rede Estadual		
Localidade	Alunos	Escolas	Localidade	Alunos	Escolas
Porto Velho	2.887	15	Porto Velho	8.482	11
Calama	566	6	Nazaré	237	1
São Carlos	750	9	Calama	528	1
Ponta do Abunã	60	1	Jaci-Paraná	557	1
Escolas urbanas	1.911	5	Cujubim Grande	73	1
Extrema		1			
Lago do Cuniã		9			
Total geral	6.174	46	Total geral	9.877	15

Fonte: Secretaria Municipal de Educação de Porto Velho e Secretaria Estadual de Educação de Rondônia

Elaboração: FRANCA, R. R.

Algumas dessas escolas se localizavam em distritos ribeirinhos de Porto Velho que ficaram completamente submersos pelas águas do rio Madeira, como São Carlos (2 mil habitantes), Calama (2,7 mil habitantes), Nazaré (600 habitantes) e Demarcação (500 habitantes) no baixo Madeira, além de Jaci-Paraná (13 mil habitantes) e Abunã (1,6 mil habitantes)³⁰, parcialmente afetados, à montante da capital (figura 68).

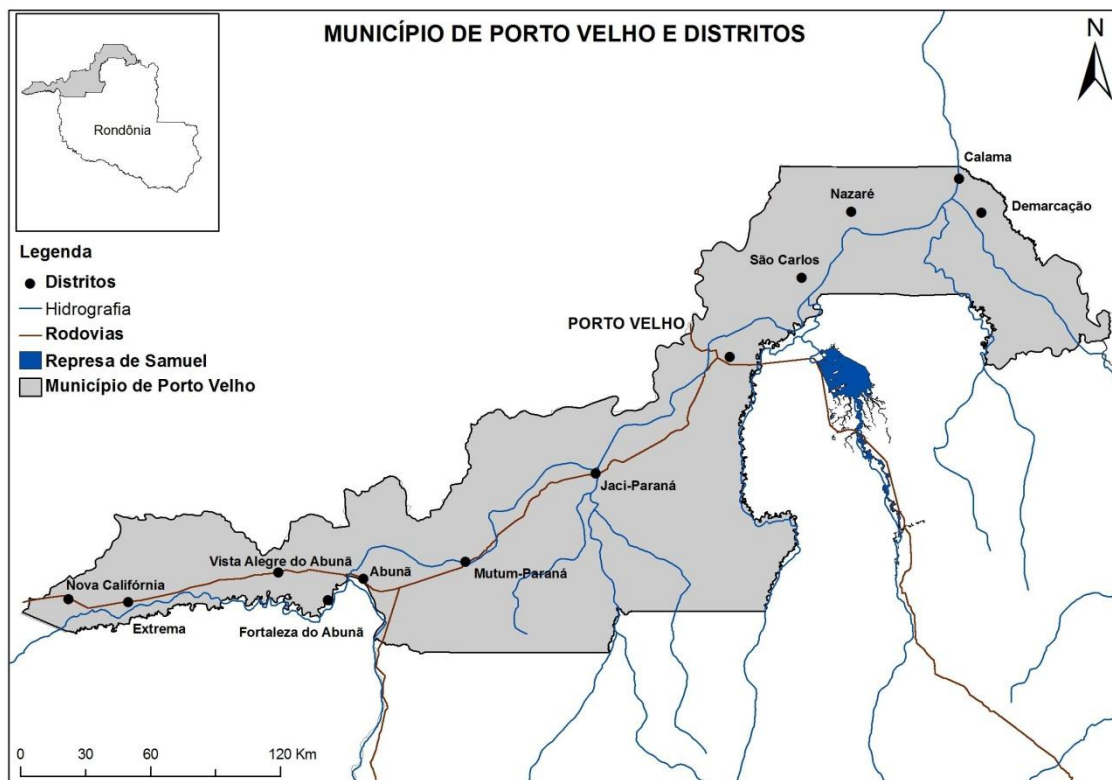


Figura 68

Município de Porto Velho e distritos

Elaboração: FRANCA, R. R.

³⁰ Dados populacionais extraídos do Censo Demográfico de 2010 do IBGE.

As imagens seguintes ilustram a situação de algumas escolas atingidas nesses distritos (figura 69):



Figura 69

Escolas nos distritos de São Carlos (a), Calama (b), São José da Praia (c) e Dermanção (d)

Fotos: Secretaria Municipal de Educação de Porto Velho

Na fronteira com a Bolívia, municípios como Guajará-Mirim, Nova Mamoré e Costa Marques, banhados pelo rio Mamoré, tiveram cerca de 1.123 famílias atingidas. Em Guajará-Mirim, o distrito de Araras teve 80% de sua área inundada. Em Nova Mamoré, foram afetadas localidades rurais, como Vila Murtinho, a 6 quilômetros da área urbana da cidade. A região foi totalmente inundada. No município de Costa Marques, a área urbana atingida pelas águas foi de cerca de 4 quilômetros de extensão.

Já na região central do estado, ao longo da BR-364 no sentido Cuiabá, foram contabilizadas 1.081 famílias afetadas, sobretudo nos municípios de Pimenta Bueno, Cacoal e Jaru. Em Cacoal 16 bairros foram atingidos, além de nove estradas vicinais e a BR-364 que corta o município. No total, Rondônia teve 6.032 famílias prejudicadas pelas inundações, a maioria desalojada em residências de amigos e parentes (tabela 15).

TABELA 15: NÚMERO DE FAMÍLIAS ATINGIDAS PELA CHEIA DE 2014 EM RONDÔNIA

Município	Famílias desabrigadas	Famílias desalojadas	Total
Porto Velho	1.646	2.112	3.758
Guajará Mirim (isolado)	60	843	903
Nova Mamoré (isolado)	24	77	101
Cacoal	04	130	134
Costa Marques	06	113	119
Ji-Paraná	18	24	42
Jaru	00	25	25
Pimenta Bueno	23	857	880
Candeias do Jamary	25	45	70
Total	1.806	4.226	6.032

Fonte: Defesa Civil de Rondônia
Elaboração: FRANCA, R. R.

4.3 Economia e circulação

Além dos prejuízos sociais, a região amazônica enfrenta inúmeros problemas de ordem econômica durante enchentes e inundações. O vazio logístico do Norte do país torna a economia da região altamente suscetível aos efeitos dos eventos hidrometeorológicos extremos.

Embora o estado de Rondônia seja pouco industrializado, com apenas 14,6 % de participação desse setor em seu Produto Interno Bruto (PIB), os setores de serviços (63,9 %) e o da agropecuária (21,5 %) se destacam (IBGE, 2010). Durante o evento de 2014, a interdição de pontes, estradas vicinais e rodovias afetou a circulação de mercadorias e pessoas e comprometeu o abastecimento de cidades e distritos.

Produtores rurais, comerciantes e empresários tiveram queda de faturamento pela interrupção das atividades, além de prejuízos por danos ao mobiliário, máquinas, edificações e estoques. Houve paralisações na operação de portos e redução do tráfego na estratégica hidrovia Madeira-Amazonas. As inundações atingiram também o patrimônio histórico da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré (EFMM), o que causou perdas para o setor de turismo.

A malha rodoviária federal presente em Rondônia é constituída pela BR-364 – que se estende de Vilhena até Porto Velho no sentido sudeste-noroeste e então em direção ao oeste-sudoeste até o Acre; a BR-319 entre Porto Velho e Manaus no sentido sudoeste-nordeste; a BR-425 que conecta a BR-364 aos municípios de Nova Mamoré e Guajará-Mirim no sentido norte-sul; a BR-429 que liga a BR-364 em

Presidente Médici até Costa Marques na fronteira com a Bolívia; a BR-421 que liga Ariquemes a Buritis; e a BR-174, que vai de Vilhena até o interior do Mato Grosso (figura 70). Com exceção da BR-364, principal eixo rodoviário do estado, as demais estradas apresentam condições precárias e diversos trechos não-pavimentados.

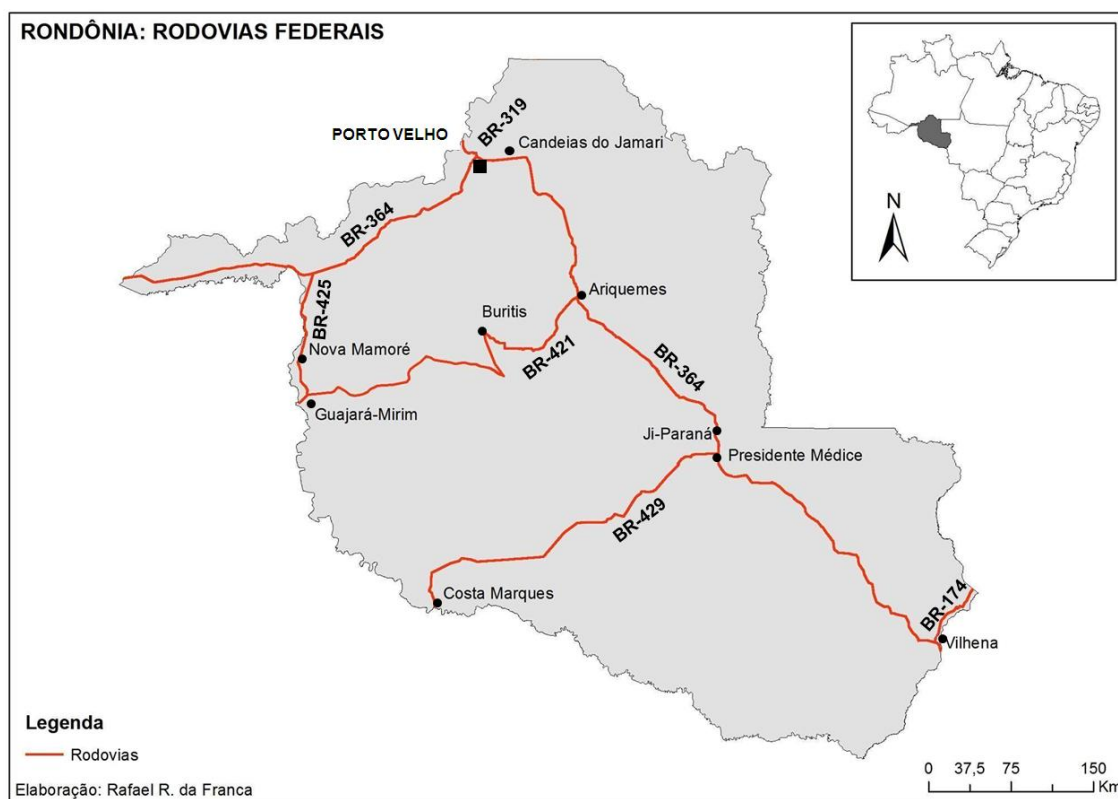


Figura 70
Rondônia: rodovias federais
Fonte: FRANCA, R. R.

O transporte de bens industrializados para os estados de Rondônia e Acre ocorre pela BR-364, única rodovia que conecta o Sudeste do país a essa região da Amazônia. Contudo, como em seu trajeto faltam pontes, é necessária a utilização de balsas para transpor rios, o que aumenta o tempo de viagem. Com as enchentes, as rampas de acesso às balsas costumam ficar submersas, o que inviabiliza a utilização desse meio de transporte.

Próximo ao limite entre os estados de Rondônia e Acre, por exemplo, o uso da balsa é obrigatório para transpor o rio Abunã (figura 71a). Após as enchentes de 2014, quando a travessia de balsa nesse local ficou comprometida, foi dado início às obras para construção de uma ponte no local. Já no trajeto urbano da BR-319 sobre o rio Madeira foi inaugurada recentemente uma ponte que permitiu a integração terrestre entre os estados de Rondônia e Amazonas (figura 71b). A ausência de

pontes e de uma malha viária mais adensada constitui uma fragilidade da economia desses estados a eventos pluviais extremos.



Figura 71

Balsa para travessia do rio Abuña (a); Ponte recém-inaugurada sobre o rio Madeira em Porto Velho – BR-319 (b)

Fotos: FRANCA, R. R. (a) e CEDEC (b)

Durante o evento de 2014, quando parte da BR-364 ficou submersa pelo avanço das águas do rio Madeira e a BR-425 foi inundada pelo rio Mamoré, ocorreu desabastecimento do comércio no estado do Acre, em distritos de Porto Velho, como Jaci-Paraná, Abunã e Extrema, e nos municípios de Nova Mamoré, Guajará-Mirim e Costa Marques. Houve escassez de água potável (mineral), alimentos (especialmente hortifrutigranjeiros), medicamentos em farmácias e hospitais, combustíveis e gás de cozinha. Os preços desses bens essenciais foram às alturas e a população viu seu poder de compra diminuir. Mesmo após o fim das inundações, o trajeto terrestre entre Porto Velho (RO) e Rio Branco (AC), que normalmente dura 8 horas, chegou a ser realizado em 38 horas pelos danos e condições precárias da estrada (figura 72).





Figura 72

Rodovia BR-364 sentido Acre, próxima ao distrito de Jaci Paraná, durante e após a inundação de 2014

Fotos: CEDEC (a, b, c); FRANCA, R. R. (d, e, f)

O Terminal Hidroviário de Porto Velho, o chamado Porto do Cai n'Água (figura 73a), ficou inoperante de fevereiro a outubro de 2014. Foram 4 meses em que esteve submerso e outros 5 em reconstrução. Antes da cheia, o porto atendia a uma demanda mensal de quase 5 mil passageiros e 4 mil toneladas de hortifrutigranjeiros que tinham como principal destino o estado do Amazonas. Para agricultores da margem esquerda do rio Madeira, que usavam o porto para escoamento de sua produção, foi necessária a utilização alternativa de pequenas embarcações movidas a motor, conhecidas como “voadeiras”.

O Porto Organizado de Porto Velho (figura 73b), administrado pela Sociedade de Portos e Hidrovias de Rondônia (SOPH), que recebe grãos (soja e milho principalmente)³¹, madeira, carne e laticínios do sul de Rondônia e Centro-Oeste do país também teve suas atividades paralisadas entre fevereiro e abril de 2014. Normalmente, a soja *in natura* embarcada em Porto Velho segue de balsa por 1.100 quilômetros pela

³¹ Esses dois itens correspondem a 70 % da movimentação do porto.

hidrovia Madeira-Amazonas até Itacoatiara (AM) ou por 1.600 quilômetros até Santarém (PA) e desses locais é exportada em navios para a América do Norte, Europa e Ásia. O impacto das inundações nas operações do porto preocupou o poder público e foi sentido na quantidade de carga transportada pela hidrovia no primeiro semestre de 2014:

(...) o governador de Rondônia, Confúcio Moura, falou da interdição do Porto da capital e pediu que o estado do “Mato Grosso não remeta mais suas cargas para cá. Certamente, haverá um golpe profundo na economia dos dois estados”. Produtores de Vilhena, no sul de Rondônia, estão muito preocupados com uma possível perda do produto, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) de Rondônia. “Os produtores de Vilhena estão muito apreensivos porque os armazéns já estão quase cheios, com a suspensão do carregamento para Porto Velho não terão onde armazenar a produção”, diz Vicente Godinho, pesquisador do órgão. Ele ressalta que, juntamente, com o sindicato da categoria, há uma tentativa de liberação para que a exportação seja feita pelo estado do Mato Grosso, mas sem a cobrança de tarifa. Juliano Marim, do setor logístico da Cooperativa de Transportes de Rondônia, afirma que com a interrupção dos carregamentos, os caminhões que estão parados em Porto Velho serão descarregados, mas não sabe quando vai liberar novamente. “Não enviamos para Paranaguá, somente para Porto Velho, Rondonópolis (MT) ou Pará. Talvez amanhã vamos liberar algumas cargas para Rondonópolis”, diz. (G1 RONDÔNIA, 25/02/2014)

No caso do rio Madeira, a operação do terminal da Cargill em Porto Velho foi interrompida por dois meses, por causa do alagamento de suas instalações. A força da água fez com o fluxo de cargas ficasse prejudicado quase três meses. No primeiro semestre, o transporte de soja a partir de Porto Velho teve redução de 47% até Itacoatiara e de 44% até Santarém. Nas estimativas de Adalberto Tokarski, diretor da Antaq, foi preciso recorrer a pelo menos 20 mil caminhões bitrens (com dois semirreboques em uma mesma composição) para dar conta da carga que não pôde ser transportada pelos rios. No total, a queda da movimentação de soja e de milho alcançou cerca de 1,4 milhão de toneladas entre os seis primeiros meses de 2013 e de 2014. Para Tokarski, a preocupação não se esgota aí: empresas perdem a confiança no modal hidroviário e as operadoras de ferrovias, sem a concorrência das embarcações, podem cobrar mais pelo frete (VALOR ECONÔMICO, 15/08/2014)



Figura 73

Terminal Hidroviário do Cai n'Água submerso durante cheia histórica do rio Madeira em Porto Velho (a);
Porto Organizado de Porto Velho à margem direita do rio (b)
Fotos: Diário da Amazônia (a) e Theo Pinto/SOPH (b)

Na agricultura, em torno de 5,1 mil propriedades rurais³² em Porto Velho e distritos ribeirinhos como Abunã, Jaci-Paraná, São Carlos, Calama, Dermacação, e em comunidades como Joana D'arc e Pau D'arco, constituídas por agricultores familiares, foram gravemente atingidas. Houve prejuízos materiais, como perda total de cultivos de café, cacau, mandioca, pupunha, lavouras de maracujá, melancia, banana, açaí, horticultura, além de perdas de maquinário e equipamentos agrícolas. Também foram registrados danos nas residências e na infraestrutura dessas propriedades – em currais, tulhas, aviários, pocilgas, tanques de piscicultura e poços – e perda de estoques que seriam vendidos em feiras da capital ou utilizados na alimentação de famílias ou criação de animais (figura 74). Foram contabilizadas, ainda, mortes de 1.275 ovinos e caprinos, 3.060 suínos e 102 mil aves de janeiro a março de 2014 em Porto Velho.



Figura 74

Estrutura para produção de farinha de mandioca danificada pela inundação em área rural de Porto Velho (a); plantação de banana atingida pela inundação (b); e refúgio improvisado para ave em árvore (c)

Fotos: Diário da Amazônia (a, b) e Emater (c)

³² Destas, cerca de 1.530 manejavam a fruticultura, 1.258 mandioca de mesa, 1.581 mandioca industrial, 153 cultivavam milho verde e 51 cultivavam hortaliças.

A pesca, atividade que produz cerca de 3,5 mil toneladas de peixe por ano em Rondônia³³, sofreu impactos contraditórios. Se, por um lado, a cheia representou aumento na quantidade do pescado disponível nos rios, por outro, causou prejuízos e danos às propriedades, ferramentas de pesca e estoques. Por essa razão, muitos pescadores, geralmente ribeirinhos que moram às margens dos rios, ficaram impedidos de trabalhar durante a cheia. Somente em Porto Velho foi contabilizada a perda de 72.400 quilos de peixe³⁴.

Como essas propriedades produziam alimentos que abasteciam o mercado local, inclusive feiras e supermercados da capital, houve escassez e consequente aumento dos preços:

Nas feiras livres e mercados públicos de Porto Velho, as reclamações sobre os preços de alguns produtos são feitas por feirantes e consumidores (...) alguns feirantes estão abusando no valor de alguns produtos, sob a alegação de que a cheia histórica do rio Madeira está influenciando no preço cobrado pelos produtores. Na opinião de Vicente Lara, de 40 anos, que é feirante e também produtor, a dona de casa tem razão. Ele diz que só alguns produtos cultivados na região do Baixo Madeira deveriam estar com preços acima da média. “Sempre tem gente pra tirar proveito, mas posso dizer que, com exceção da chicória, as verduras não tiveram muita alteração de preço, pois são plantadas em terra firme. O jambú sumiu no começo da cheia, mas agora também já voltou para as bancas. As chuvas dificultam o cultivo, mas não tem nada a ver com a enchente”, disse Lara, que também afirma que a chicória leva cerca de 60 dias para ficar no ponto de colheita. A palma de banana, que está sendo vendida a R\$ 10, antes da cheia custava entre R\$ 5 e R\$ 6. O feirante Tadeu Barbosa da Silva, de 55 anos, disse que os bananais da beira do rio foram inundados, e que agora seu fornecedor é de União Bandeirantes, distante cerca de 160 quilômetros de Porto Velho. Ele se queixa de que as frutas estão demorando muito a chegar a capital. “A estrada é precária, dificulta o transporte, fora os bloqueios que ocorrem de vez em quando. Já tive remessa de bananas que passaram mais de dez dias no caminhão, daí quando chegam aqui, já estão muito maduras, se eu não vendo rápido, tenho prejuízo”, reclama Tadeu que tinha sua barraca fixa na Feira do Produtor, na Avenida Rogério Weber, região inundada pela água do Madeira. Os feirantes que vendem macaxeira e farinha de mandioca são os que mais reclamam dos preços altos, e consequentemente seus fregueses. No Mercado do Quilômetro 1, centro de Porto Velho, a comerciante Maria José dos Anjos, de 60 anos, disse que está pedindo farinha do Pará. “Embora venha de longe, é mais negócio pra comprar de lá. É um produto de qualidade e não corro o risco de ficar sem. O saco da macaxeira, que antes eu comprava a R\$ 50, agora pago R\$ 70”, afirma. Já o feirante Daniel Gomes da Silva, de 63 anos, disse que estocou farinha antes da cheia. “Ainda tenho, porque comprei muita, mas se eu quiser comprar farinha do meu fornecedor hoje ele vai me dizer que não tem. As casas de farinha do Baixo Madeira estão debaixo d’água. O quilo, que antes eu vendia a R\$ 4, está custando R\$ 8”, diz o feirante. Voltando pra casa com muitas sacolas, o técnico de informática Gabriel Cordeiro, de 35 anos, diz que a conta ficou mais alta. “Visito as feiras todo final de semana. Não deixo de levar o açaí, frutas em geral, a farinha, a macaxeira e a goma de tapioca. Desses itens só algumas frutas,

³³ Fonte do dado: Superintendência da Pesca de Rondônia.

³⁴ Fonte do dado: Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento (Semagric).

com exceção da banana, e a goma não estão mais caras”, lamenta Gabriel, que acredita ter tido um aumento de 20% nos gastos com a feira. Os feirantes que vendem a goma e a farinha de tapioca dizem que o produto está vindo do Paraná. A castanha do Pará também está na lista de produtos que ficaram mais caros. Uma comerciante diz que a lata da castanha, antes comprada por R\$ 25, está sendo vendida a R\$ 45. (G1 RONDÔNIA, 06/04/2014)

Na pecuária, mais de 7 mil propriedades foram atingidas em Rondônia (SGC/Diário da Amazônia). No município de Porto Velho, segundo a Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, foram registradas mortes de 1.032 bovinos entre janeiro e março, além da perda de 1,7 milhão de litros de leite.

Já o setor de serviços registrou queda recorde de 11% no primeiro triênio de 2014, o equivalente a R\$ 1,6 bilhão. Apenas no setor de combustíveis a arrecadação de impostos pelo estado contabilizou, nos primeiros seis meses do ano, queda de R\$ 25 milhões (SGC/Diário da Amazônia).

Em Porto Velho, o setor de serviços foi gravemente afetado pela cheia do rio Madeira em 2014. O comércio presente nos diversos bairros da capital atingidos pelas inundações sofreu efeitos negativos, conforme ilustrado pelas imagens da figura 75. Os prejuízos consistiram na perda de mercadorias, mobiliário, danos às edificações e furtos em decorrência do abandono. Além disso, a inexistência de um plano municipal para instalação temporária desses comerciantes em um local alternativo levou à ocupação de praças, onde passaram a exercer seu trabalho como ambulantes. O caso mais grave parece ter sido enfrentado pela maior distribuidora de gás da região – a Fogás – que teve suas instalações às margens do rio invadidas pelas águas (figura 75a).





Figura 75

Sede de distribuidora de gás (a); posto de gasolina (b); *shopping* popular (c, d); e demais estabelecimentos do comércio atingidos pelas inundações em bairros de Porto Velho
Fotos: Wanerson Freitas

Em Guajará-Mirim, município ao qual o acesso era feito apenas pelas BR-364 e BR-425, as inundações provocaram graves consequências. O centro histórico da cidade e sua antiga área comercial foram atingidos. Os trilhos da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré, assim como o museu e as máquinas do início do século XX foram danificados.

O setor de serviços registrou expressiva queda do faturamento, o que causou demissões. Com a escassez de combustível, o preço do litro da gasolina atingiu R\$ 3,44 (cerca de R\$ 0,20 centavos acima do normal). Na agricultura foram quase 300 hectares de plantações perdidas de 105 famílias produtoras, o que representou em torno de R\$ 7 milhões em prejuízos para o município, segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). O cultivo mais afetado foi o de banana, mas produtores de gado e leite também ficaram impossibilitados de escoar sua produção em razão da interrupção do fluxo viário. A escassez de alimentos, como frutas, legumes e hortifrutigranjeiros, se fez visível em alguns supermercados da região (figura 76)



Figura 76

Escassez de alimentos em supermercados de Guajará-Mirim (a) e Rio Branco (b)
Fotos: Alzeri Borgmann (a); Rayssa Natani/G1 (b)

Em Nova Mamoré, os setores da agropecuária e de serviços sofreram grandes prejuízos econômicos pelo isolamento da região. Nesse município, o problema mais grave parece ter sido a dificuldade de acesso a serviços médicos pela população já que o único hospital da região fica em Guajará-Mirim.

Para minimizar os problemas decorrentes do isolamento do oeste de Rondônia, os governos federal e estadual conseguiram viabilizar uma rota alternativa por meio do prolongamento da BR-421 dentro do Parque Estadual de Guajará-Mirim. A abertura da rodovia no interior da reserva suscitou discursos favoráveis e contrários. De um lado, políticos e a população comemoravam o fim da situação de isolamento agravada pela cheia histórica, de outro, ambientalistas classificavam a estrada como grave ameaça à flora, fauna e aos territórios indígenas vizinhos.

Após uma sequência de impasses judiciais, desembargadores do Tribunal Regional Federal em Brasília votaram por unanimidade em favor da abertura dos 12 quilômetros da rodovia em 15/04/2014. A chamada Estrada Parque reduziu o tempo de trajeto entre a região de Guajará-Mirim/Nova Mamoré e os municípios da região central do estado. No entanto, as condições de trafegabilidade dessa nova rota, ainda não pavimentada, eram precárias (figura 77).



Figura 77

Abertura da Estrada Parque em Nova Mamoré (BR-421)

Fotos: Alzeri Borgmann (esq.) e TV Rondônia (dir.)

Os danos ao patrimônio histórico da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré (figura 78), ferrovia construída no início do século XX por meio de um tratado binacional entre a Bolívia e o Brasil, afetaram o turismo e a hotelaria, tanto em Guajará-Mirim quanto em Porto Velho.

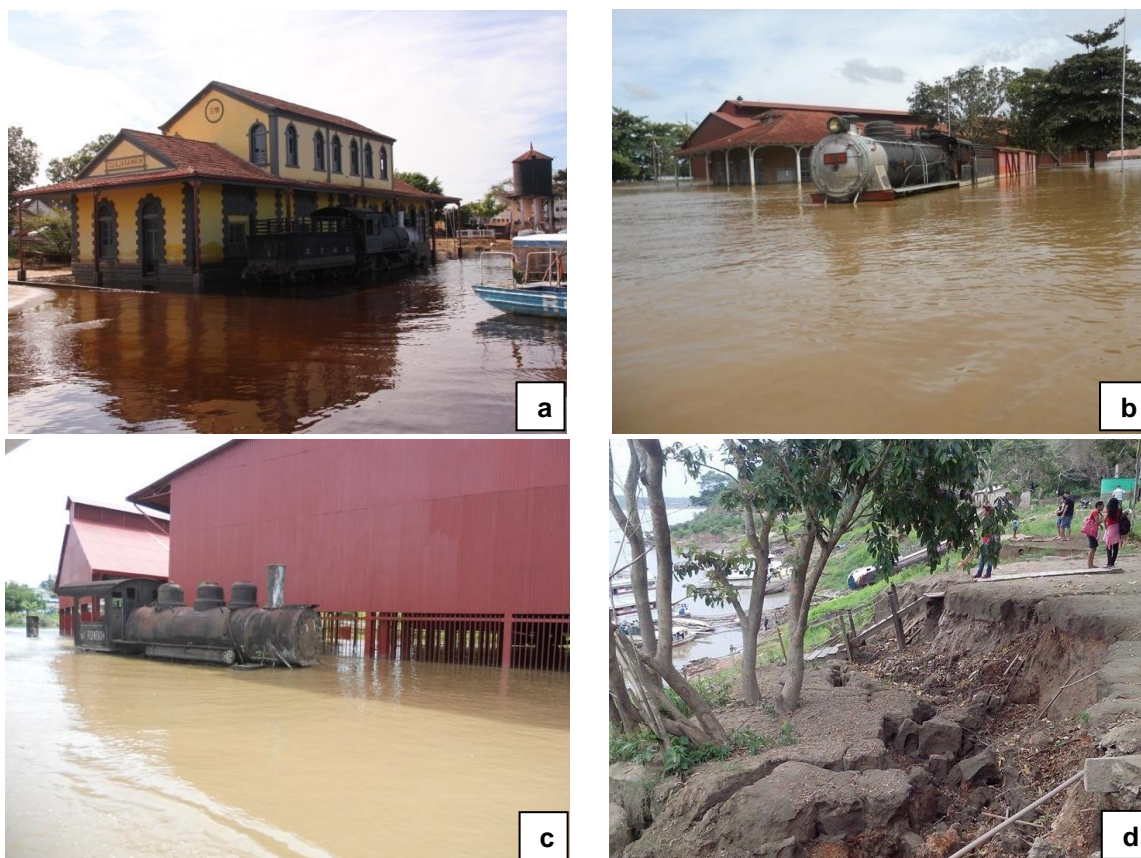


Figura 78

Edifício da antiga estação ferroviária de Guajará-Mirim (a); Locomotivas e galpões da EFMM em Porto Velho (b, c) e solapamento de talude à margem direita do rio Madeira, nas proximidades da EFMM, em Porto Velho após a cheia de 2014 (setembro de 2014)

Fotos: G1 (a), Alyson Ribeiro (b, c) e FRANCA, R. R. (d)

Considerando as diversas situações apresentadas acima, elaborou-se o quadro 8 que sintetiza os principais riscos e impactos associados às enchentes e inundações de 2014 em Rondônia.

Principais riscos e impactos associados às enchentes e inundações de 2014 em Rondônia	
Saúde	Crescimento das notificações de leptospirose Percepção de aumento nas ocorrências de DDAs Registros de febre tifóide Risco de emergência da cólera Ocorrência de acidentes por animais peçonhentos, especialmente com aqueles de <i>habitat</i> aquático Dificuldade de acesso à água potável (carências de saneamento básico) Vazamento de fossas e contaminação (eutrofização) da água dos rios
Habitação	População desabrigada e desalojada por inundações em comunidades ribeirinhas e bairros urbanos Interrupção das atividades escolares pela utilização de escolas como abrigos
Economia	Suspensão da trafegabilidade em rodovias, como a BR-364 Suspensão na operação de portos e balsas Comprometimento do transporte de bens (água, alimentos, combustíveis, etc) e pessoas Aumento dos preços Interrupção no funcionamento do comércio Perdas pelo setor agropecuário e pesca Danos ao patrimônio histórico e perdas pelo setor de turismo

Quadro 8

Principais riscos e impactos associados aos eventos de 2014 em Rondônia
Elaboração: FRANCA, R. R.

Diante de todos esses impactos, o poder público de Rondônia se organizou e elaborou conjuntamente com empresários e representantes do terceiro setor o Plano Integrado de Reconstrução e Prevenção de Desastres (PRPD). Como o próprio título sugere, o plano apresenta ações de curto, médio e longo prazo com a finalidade de restaurar os cenários impactados pela enchente histórica do rio Madeira, bem como implantar políticas públicas integradas e coordenadas para redução dos riscos a desastres em Rondônia. O plano propõe ações em cinco eixos: meio ambiente, saúde, inclusão social, infraestrutura e estrutura organizacional. Essa perspectiva vai ao encontro da promoção de um estado menos vulnerável e mais resiliente a episódios extremos.

As enchentes e inundações que atingiram Rondônia em 2014 evidenciaram os principais e mais graves riscos e impactos associados a esses eventos na Amazônia. Ainda que variações sazonais no nível dos rios amazônicos ocorram periodicamente, os eventos observados nesse ano constituíram extremos. Tais episódios se distinguiram por ultrapassar os limites de adaptação e superação da sociedade atingida, o que caracteriza a ocorrência de um desastre.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa se propôs a contribuir para o conhecimento acerca da ocorrência de eventos pluviais extremos em escala sazonal na Amazônia Meridional e a formação de riscos e impactos socioambientais associados a tais episódios em Rondônia. Nesta seção serão apresentadas as principais conclusões do estudo, cujos resultados, expostos nos capítulos 3 e 4, se mostraram satisfatórios no sentido de atingir os objetivos, questões e hipóteses estabelecidas.

Das hipóteses formuladas, a primeira, que se refere a tendências no comportamento climatológico da pluviosidade na Amazônia Meridional, foi refutada. Isto é, as análises realizadas para as 41 localidades selecionadas nesse recorte espacial, no período 1981-2011, não revelaram alterações estatisticamente significativas no regime pluvial desse setor da Amazônia, inclusive no que se refere à suposta intensificação da variabilidade sazonal da pluviosidade e aumento dos extremos de chuva ou seca na região. Desse modo, ao menos para essa porção da Amazônia, eventos notáveis como a seca de 2010 e a cheia histórica do rio Madeira em 2014 parecem fazer parte da variabilidade natural do clima.

Em relação à dinâmica oceânico-atmosférica, as análises comprovaram a importância da Massa de Ar Equatorial Continental e das condições de larga escala associadas a sua presença como aspectos fundamentais para a compreensão da gênese dos episódios de chuvas excepcionais na região. Além disso, as análises permitiram concluir acerca da influência do oceano Atlântico Tropical Norte e o Índice de Oscilação Sul, no Pacífico, sobre o comportamento da pluviosidade na Amazônia Meridional, conforme demonstrado pelos resultados dos testes de correlação linear efetuados.

A segunda hipótese, que estabelece que a ocorrência de desastres associados a episódios pluviais extremos em Rondônia é caracterizada pela presença de riscos socioambientais de grande monta nesse território, foi confirmada pela pesquisa. Durante o evento histórico do ano de 2014, ao qual se deu ênfase, o estado de Rondônia registrou impactos expressivos decorrentes das diversas situações de risco presentes em seu território, particularmente nos âmbitos da saúde, habitação e economia.

As análises dos registros de doenças indicaram visível crescimento dos casos de leptospirose durante o período das inundações, fato associado ao contato direto da população com a água contaminada e às carências de saneamento básico em Rondônia e em Porto Velho. No que se refere aos casos de Doenças Diarréicas Agudas, que não apresentaram aumento em relação a 2013, a hipótese levantada pelos próprios gestores de saúde é de que pode ter havido falhas nos registros das notificações. Outras doenças, como a dengue e a malária, não apresentaram crescimento em 2014, o que sugere que sua dinâmica de disseminação depende de outros fatores que não a ocorrência de enchentes ou inundações.

No âmbito da habitação, a ocupação de áreas sujeitas à inundação constitui importante risco à população de menor renda - mais vulnerável - em Rondônia. Durante o episódio de 2014, cerca de 30 mil pessoas ficaram desabrigadas ou desalojadas em todo o estado, especialmente na área urbana e em comunidades ribeirinhas do município de Porto Velho.

Por fim, as fragilidades das redes de transporte e a ausência generalizada de infraestruturas resultaram em prejuízos aos três setores da economia estadual. Houve comprometimento da circulação de bens e pessoas e isolamento de diversas localidades. A população como um todo enfrentou dificuldades para acesso à água potável, combustíveis, alimentos e serviços básicos, como escolas e hospitais.

Desse modo, a pesquisa conclui que embora eventos pluviais extremos não estejam ocorrendo com maior intensidade ou frequência na Amazônia Meridional, o risco a desastres associados a esses episódios é expressivo, especialmente no estado de Rondônia, onde foram observadas diversas situações de vulnerabilidade e exposição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência de eventos climáticos extremos faz parte da dinâmica e variabilidade natural do clima da Terra. Tais eventos ocorreram diversas vezes no passado e irão continuar acontecendo no futuro. No entanto, recentemente, evidências têm sugerido o aumento da intensidade e frequência desses episódios em todo o Planeta, fato por vezes atribuído ao aquecimento global.

Apesar das muitas incertezas que ainda envolvem a previsão do futuro climático da Terra, parece haver consenso sobre a ampliação do risco global a desastres naturais decorrentes de eventos extremos. Alguns dos fatores responsáveis por esse aumento seriam: 1) crescimento da população mundial, em termos absolutos e relativos (densidade demográfica), especialmente em zonas urbanas; 2) ocupação cada vez maior de áreas de risco, menos afetadas pela especulação imobiliária crescente; e 3) incapacidade do poder público em atender às demandas sociais da população, principalmente em países em desenvolvimento, onde o crescimento demográfico é maior. O resultado tem sido o aumento – inquestionável – na ocorrência dos diferentes tipos de desastres em todo o mundo, o que sugere necessidade de aprimoramento das ações de planejamento e gestão do território pelas mais diversas esferas do poder.

Em regiões de clima quente e úmido, como a Amazônia, onde a maioria dos desastres está associada a enchentes e inundações, as atuais políticas para gestão do risco protagonizadas pelo Estado não tem sido eficientes, pois não priorizam o aumento da resiliência e redução da vulnerabilidade. Ao invés disso, se dedicam à implantação de diferentes práticas de assistencialismo durante e após a ocorrência do desastre. Isso sugere a necessidade de um entendimento maior sobre estratégias de adaptação, gestão e (re) ordenamento territorial para enfrentar os perigos climáticos no presente e os cenários mais extremos previstos para o futuro.

Em 2014, chuvas extremas que caíram sobre a Bolívia evidenciaram os riscos, vulnerabilidades e exposição do sudoeste da Amazônia a tais episódios. As enchentes e inundações decorrentes dos eventos pluviais causaram inúmeros prejuízos àquele país e aos estados brasileiros de Rondônia, Acre e Amazonas, o que sugere a necessidade de implantação de práticas de gestão integrada do território, inclusive em escala internacional.

Em Rondônia, a minimização do risco a desastres desse tipo somente será possível com as seguintes ações de gestão e (re) ordenamento territorial: 1) difusão da rede de saneamento básico, com extinção de poços e fossas e construção de estações de tratamento de esgoto; 2) criação de uma malha viária multimodal, estratégica – adensada e funcional – com percursos alternativos; 3) construção de pontes sobre rios para extinção de travessias por balsas; 4) contenção das margens de rios por meio de obras de engenharia; 5) desocupação de APPs; e 6) instalação e aperfeiçoamento de sistemas de monitoramento, previsão e alerta hidrológico em bacias.

A implantação de algumas dessas medidas e investimentos em infraestrutura e logística esbarra na preservação do bioma amazônico que resiste em parques, reservas e terras indígenas. O equilíbrio entre desenvolvimento e preservação não é tarefa fácil, mas a otimização no uso de áreas já desmatadas e utilização de terras ainda sem destinação (devolutas) pode ser um caminho promissor.

No que tange à implantação de políticas públicas voltadas para o espaço urbano da região amazônica, o Estado deve priorizar uma gestão territorial baseada em: 1) políticas voltadas à construção e manutenção de sistemas de micro e macro-drenagem superficial e subterrânea; 2) desocupação de APPs e construção de moradias para a população fora das áreas de risco; 3) criação de áreas verdes, como parques e praças e concessão de bonificação aos proprietários de imóveis que priorizem quintais permeáveis; 4) estímulos à construção de edificações com materiais de menor condutividade térmica; 5) políticas eficazes para arborização das vias públicas, com acompanhamento permanente da saúde dos indivíduos; 6) monitoramento das bacias urbanas; e 7) políticas para redução de emissões de gases de efeito estufa pela utilização de meios de transporte mais sustentáveis – bicicletas/ciclovias, e inovadores – ônibus movidos à energia elétrica ou biocombustível, por exemplo. Essas medidas – possíveis, viáveis e ansiadas por todos – vão ao encontro de uma cidade mais humanizada e ambientalmente confortável, seja pela atenuação da sensação de calor, pela melhoria da qualidade do ar ou pela maior permeabilidade à chuva.

Ações de longo prazo, como investimentos no aperfeiçoamento da previsão climática e hidrológica; mapeamento e avaliação permanente de áreas de risco e vulnerabilidade; planejamento de estratégias para realocação da população em áreas seguras, manutenção de estoques de água, alimentos e medicamentos pela

Defesa Civil, também merecem atenção. No que se refere a desastres associados a enchentes e inundações, a adaptação passa pelo aprofundamento do conhecimento sobre as características das bacias hidrográficas – inclusive em sua dimensão social.

Nesse sentido, além do poder público, a ciência geográfica tem participação fundamental na melhoria das estratégias de planejamento e gestão do risco a desastres. Seu papel é contribuir com o desenvolvimento de estudos sobre a climatologia dos eventos extremos e de como eles afetam o cotidiano, saúde e qualidade de vida da população, sobretudo daqueles que dependem diretamente dos ecossistemas e dispõem de menos recursos para lidar com as condições adversas, como a população ribeirinha.

O desenvolvimento de pesquisas que priorizem a elaboração de metodologias para mensuração dos riscos e vulnerabilidades se faz necessário. Essa foi uma das lacunas deixadas pela presente pesquisa, de modo que a realização de trabalhos futuros nessa direção parece ser um caminho promissor.

No entanto, muitos desafios se colocam aos pesquisadores, dentre os quais a dificuldade de acesso a dados, tanto pela burocracia imposta por alguns órgãos e governos, quanto pela escassez de estações meteorológicas em pleno funcionamento na região. No município de Porto Velho, por exemplo, a única estação do Instituto Nacional de Meteorologia frequentemente apresenta falhas que interrompem os registros dos parâmetros meteorológicos. Geralmente, a substituição dos sensores leva tempo, o que dificulta a obtenção de séries de dados mais longas, ininterruptas e confiáveis na região. Portanto, mais uma vez é necessário um esforço conjunto de governos de várias esferas no sentido de investir em equipamentos de qualidade, manutenção e dar livre distribuição e acesso aos dados a pesquisadores.

Finalmente, por se tratar de uma temática tão complexa, mediada por inúmeros fatores ambientais, sociais, econômicos e políticos, a relação entre clima e desastres merece mais atenção, tanto pela ciência, quanto pelo poder público no sentido de atenuar riscos e impactos como aqueles enfrentados por Rondônia em 2014.

REFERÊNCIAS

ADGER, W. N. Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam, **World Development**, v. 27, n. 2, p. 249-269, 1999.

ADGER, W. N.; KELLY, P. M. Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements, **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, n. 4, p. 253-266, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Hidroweb – Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Acesso em 18 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manaus (Rio Negro): Monitoramento Hidrológico de 2013 – Boletim Julho/2013**. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/rehi/amazonialegal/14990000_Cheia.pdf> Acesso em 15 de dezembro de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manaus registra a 8ª maior cheia do rio Negro desde 1902**. Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12197> Acesso em 15 de dezembro de 2013.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará**. 2010. 278 f. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

ALTAMIRANO, R. J. A. **Climatologia dos eventos chuvosos e secos severos, extremos e muitos extremos usando o Índice de Precipitação Normalizada (SPI) para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, Brasil, 2010.

ALTAMIRANO, R. J. A.; SANSIGOLO, C. A. Variabilidade decenal da precipitação no Sul da Amazônia usando o SPI-6. In: **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2010, Belém.

ALVES, L. M., MARENGO, J. A., CAVALCANTI, I. F. A. Histórico de secas na Amazônia. In: BORMA, L de S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 21-27, 2013.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. 2009. Inundação e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, p. 39-52.

ANDERSON, L. O., ARAGÃO, L. E. O. C., VALERIANO, D. M., CARDOSO, M., SHIMABUKURO, Y. E., LIMA, A. Impactos de secas nas florestas amazônicas. In: BORMA, L de S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 147-164, 2013.

ANDRADE, M. C. **Geografia – Ciência da sociedade: Uma introdução à análise do pensamento geográfico**. São Paulo: Atlas, 1987.

ANEAS DE CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde lá Geografía. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Barcelona, n. 60, 2000. Disponível em <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>> Acesso em 10 de janeiro de 2015.

ARAUJO, L. M. A.; SILVA, T. M. V.; NASCIMENTO, E. R. P. Análise dos focos de calor em áreas florestais ao longo do Arco do Desflorestamento. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis: p. 4421-4423, 2007.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 332 p., 1983.

BARATA, R. B. Malária no Brasil: panorama epidemiológico na última década. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 128-136, jan/mar, 1995.

BECKER, B. **Amazônia: geopolítica na virada do III Milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

BENISTON, M. STEPHENSON, D. B. Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. **Global and planetary change**, n. 44, p. 1-9, 2004.

BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T.; TRINDADE, A. G. Caracterização Temporal da Precipitação Pluvial do Município de Porto Velho/RO no Período de 1945 a 2003. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia-MG, v.22, n.3, p.609-623, 2010.

BIROT, P. **Les régions naturelles du globe**. Paris: Masson, 1970.

BOGARDI, J. J., VILLAGRAN, J. C, BIRKMANN, J., RENAUD, F., SAKULSKI, D., CHEN, X., AFFELTRANGER, B., MENSA, A., KAPLAN, M. Vulnerability in the context of climate change. **Human security and climate change, an international workshop**, Asker, 2005, 14 p.

BORMA, L. de S., TOMASELLA, J., ROBALLO, S. T., CUARTAS, L. A., RODRIGUES, D. A., MARENGO, J. A., NOBRE, C. A. Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos e ações da Defesa Civil. In: BORMA, L de S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 305-337, 2013.

BOURGOIN-BAREILLES, A. **Guide de L'environnement**. Paris. Éditions Frison-Roche, 2000.

BRASIL. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991-2010: volume Brasil**. Florianópolis: CEPED – UFSC, 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.** Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em 10 de setembro de 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. SECRETARIA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO. DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990).** Brasília: [s.n.], 1992. 84 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Boletim Epidemiológico**, v. 46, n. 3, 2015. Disponível em <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/19/2015-002---BE-at---SE-53.pdf>> Acesso em 15 de janeiro de 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Casos de Dengue no Brasil por Grandes Regiões e Unidades Federadas, 1990 a 2013.** Disponível em <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/31/Dengue-classica-at---2013.pdf>> Acesso em 29 de setembro de 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Incidência de Dengue no Brasil por Grandes Regiões e Unidades Federadas, 1990 a 2013.** Disponível em <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/31/Incidencia-dengue-at---2013.pdf>> Acesso em 29 de setembro de 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Amazônia Sustentável: cenários propostos para um novo desenvolvimento regional – Resumo Executivo.** Brasília: MMA, 2006, 24 p.

BROOKS, N. **Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework.** Tyndall Centre for Climate Change Research. Norwich. 2003.

CAMARGO, E. C. G *et al.* **Análise Espacial de Superfícies.** Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/analise/cap3.pdf>> Acesso em novembro de 2013.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

CAVALCANTI; I. F. A. AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. (Org.). **Tempo e Clima do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, p.318-335, 2009.

CAVALCANTI, I. F. A.; NOBRE, C. A.; GAN, M. A.; NOBRE, P.; KAYANO, M. T.; RAO, V. B.; BONATTI, J. P.; SATYAMURTY, P.; UVO, C. B.; COHEN, J.; SILVA, J. F.; MARSCHAL, C.; MOURA, A. D.. Aspectos da Climatologia Dinâmica do Brasil. **Climanálise**, São José dos Campos, v. -, p. 1-125. 1986.

CAVALCANTI, I. F. A.; SILVEIRA, V. P.; ALVES, L. M. Características atmosféricas e oceânicas em anos de seca. In: BORMA, L de S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia.** São Paulo: Oficina de Textos, p. 54-77, 2013a.

CAVALCANTI, I. F. A.; SILVEIRA, V. P. Influência das TSM dos oceanos Pacíficos e Atlântico nos eventos de seca. In: BORMA, L. de S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 78-88, 2013b.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Imagens de satélite e cartas sinóticas**. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br>> Acesso em: 5 de outubro de 2014.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Síntese Sinótica do Mês de Janeiro de 2014**. Disponível em <<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125818>> Acesso em 20 de abril de 2014.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Síntese Sinótica do Mês de Fevereiro de 2014**. Disponível em <<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125973>> Acesso em 20 de abril de 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Russel, p. 415-441, 1994.

CLIMATE PREDICTION CENTER/NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Regional Climate Maps: South America**. Disponível em <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/regional_monitoring/south_america.html> Acesso em 15 de abril de 2014.

COHEN, J. C. P.; BELTRÃO, J. C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, 2007.

CONSOLI, R. A. G. B., OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994. 228 p. Disponível em <<http://books.scielo.org>> Acesso em 10 de janeiro de 2015.

CRITCHFIELD, H.J. **General climatology**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1983. 447 p.

DIÁRIO DA AMAZÔNIA. Em **Rondônia, produção do Baixo Madeira é perdida**. Disponível em <<http://www.amazonianarede.com.br/em-rondonia-producao-do-baixo-madeira-e-perdida/>> Acesso em 27 de março de 2014.

DUBREUIL, V., LAMY, C., LECERF, R., PLANCHON, O. Monitoramento de secas na Bretanha: reconstrução histórica e abordagem por teledetecção. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, vol. 9 núm. 1, 2010, p. 107-119.

EAGLESON, P. S. The emergence of global-scale hydrology. **Water Resources Research**, 22 (9), p. 6-14, 1986.

EARTH NULL SCHOOL PROJECT. **Imagem das linhas de corrente em 850 hPa na América do Sul.** Disponível em <<http://earth.nullschool.net/>> Acesso em 5 de maio de 2014.

EUROPEAN CLIMATE ASSESSMENT. **Indices dictionary.** Disponível em <<http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>> Acesso em 5 de dezembro de 2013

FACANHA, M. C.; PINHEIRO, A. C. Comportamento das doenças diarreicas agudas em serviços de saúde de Fortaleza, Ceará, Brasil, entre 1996 e 2001. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n.1, p. 49-54, 2005.

FEARNSIDE, P. M. **A floresta amazônica nas mudanças globais.** Manaus: INPA, 2003. 134 p.

FEARNSIDE, P. M. As barragens e as inundações no rio Madeira. **Ciência Hoje**, 53 (314), p. 56-57, 2014.

FIELD, C. B.; BARROS, V.; STOCKER, T. F.; DAHE, Q.; DOKKEN, D. J.; EBL, K. L.; MASTRANDREA, M. D.; MACH, K. J.; PLATTNER, G-K.; ALLEN, S.K.; TIGNOR, M.; MIDGLEY, P. M. (eds.). **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, 2012, 582 p.

FIGUEIREDO, C. M.; MOURÃO, A. C.; OLIVEIRA, M. A.; ALVES, W. R.; OOTEMAN, M. C.; CHAMONE, C. B.; KOURY, M. C. Leptospirose humana no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: uma abordagem geográfica. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 4, p. 331-338, jul-ago, 2001.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. In: **Climanálise Especial**, Edição Comemorativa de 10 anos (1996), p.24-41, 1996.

FISCH, G. F.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v.28, p.101-126, 1998.

FRANCA, R. R. da. **Anticiclones e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo Horizonte.** Dissertação de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FRANCA, R. R. da. Chuvas extremas e inundações na Bolívia no verão 2013/2014. In: XI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2014, Curitiba. **Anais XI SBCG**. 2014.

FRANCA, R. R. da. O fenômeno da seca em Rondônia: estudo de caso sobre agosto de 2010 em Porto Velho. In: ALMEIDA SILVA, A.; NASCIMENTO SILVA, M. G. S.; SILVA, R. G. C. (Org.). **Colonização, Território e Meio Ambiente em Rondônia: reflexões geográficas.** 1ed. Curitiba: SK Editora, p. 199-207, 2013.

FRICH P., ALEXANDER L. V., DELLA-MARTA, P., GLEASON, P., HAYLOCK, M., KLEIN TANK, A. M. G., PETERSON, T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. **Climate Research**, v. 19, p. 193-212, 2002.

GAN, M. A., KOUSKY, V. E., ROPELEWSKI, C. F. The South America Monsoon Circulation and Its Relationship to Rainfall over West-Central do Brasil. **Journal of Climate**, v 17: 47-66, 2004.

GAN, M.; RODRIGUES, L. R.; RAO, V. B. Monção na América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

GAUSSEN, H. L'indice xérothermique. **Bulletin de l'Association des Géographes Français**, p. 10-16, 1952.

G1 RONDÔNIA. **Atingidos começam a ser levados para Abrigo Único de Porto Velho.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/04/atingidos-comecam-ser-levados-para-abrigo-unico-de-porto-velho.html>> Acesso em 4 de abril de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Atoleiros na Estrada Parque em Guajará-Mirim, RO, dificultam tráfego.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/04/atoleiros-na-estrada-parque-em-guajara-mirim-ro-dificultam-trafego.html>> Acesso em 16 de abril de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Com estoque retido em BR, franquias têm prejuízos no AC.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2014/03/com-estoque-retido-em-br-franquias-tem-prejuizos-no-ac.html>> Acesso em 28 de março de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Desabrigados se negam a mudar para barracas por causa de calor, em RO.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/04/desabrigados-se-negam-mudar-para-barracas-por-cao-de-calor-em-ro.html>> Acesso em 8 de abril de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Em RO, feirantes e clientes reclamam da alta nos preços de alguns produtos.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/04/em-ro-feirantes-e-clientes-reclamam-da-alta-nos-precos-de-alguns-produtos.html>> Acesso em 6 de abril de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Governo reconhece que barracas para desabrigados são quentes.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/04/governo-reconhece-que-barracas-para-desabrigados-sao-quentes.html>> Acesso em 11 de abril de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Motoristas relatam 'aventura' para trafegar pela Estrada Parque, em RO.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/04/motoristas-relatam-aventura-para-trafegar-pela-estrada-parque-em-ro.html>> Acesso em 11 de abril de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Número de casos de leptospirose aumenta em Rondônia, diz Agevisa.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/08/numero-de-casos-de>>

leptospirose-aumenta-em-rondonia-diz-agevisa.html> Acesso em 23 de agosto de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Porto de Porto Velho interdita cais e paralisa operação com grãos em RO.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/02/porto-de-porto-velho-interdita-cais-e-paralisa-operacao-com-graos-em-ro.html>> Acesso em 25 de fevereiro de 2014.

G1 RONDÔNIA. **Prateleiras vazias revelam escassez em supermercados do AC.** Disponível em <<http://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2014/03/prateleiras-vazias-revelam-escassez-em-supermercados-do-ac.html>> Acesso em 24 de março de 2014.

GONÇALVES, K. S.; SIQUEIRA, A. S. P.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S. Indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental. O caso do município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**. v.19, n.9, p. 3809-3818, 2014.

GRIMM, A. M.; VERA, C.; MECHOSO, C. R. The South American Monsoon System. In: **WMO Report n. 70: The Global Monsoon System: Research and Forecast Report of the International Committee of the Third International Workshop on Monsoons**, Hangzhou, 2004.

HASTENRATH, S.; LAMB, P. **Climate Atlas of the Tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans**, University of Wisconsin Press, Madison, 1977.

HIDROWEB. SISTEMA DE INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS. **Cotas altimétricas do rio Madeira em Porto Velho.** Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Acesso em 21 de dezembro de 2013.

INFOESCOLA: **Geografia de Rondônia.** Disponível em <<http://www.infoescola.com/geografia/geografia-de-rondonia>> Acesso em 30 de janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA (SIDRA). **Dados demográficos de Rondônia.** Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul/default.asp?z=t&o=25&i=P>> Acesso em 20 de dezembro de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Climas do Brasil.** Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf> Acesso em 15 de agosto de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2008.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Diretoria de Pesquisas Coordenação de População e Indicadores Sociais, Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1997. 208 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA. **Dados da estação automática de Porto Velho**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em 1 de junho de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990: Mapas de Temperatura Média Compensada Anual (°C) e Precipitação Acumulada Anual (mm)**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em 14 de agosto de 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Períodos de Maiores e Menores Temperaturas e Pluviosidades Climatológicas**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>> Acesso em 19 de agosto de 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Seca na Amazônia em 2005**. Disponível em <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=492> Acesso em 9 de maio de 2013.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento Básico**. Disponível em <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/tabela-100-cidades2014.pdf>> Acesso em 10 de agosto de 2014.

JENKINS, H. S., BAKER, P. A., NEGRÓN-JUÁREZ, R. I. Eventos extremos de seca na Amazônia revelados pelos registros de anéis de árvores. In: BORMA, L de S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 29-46, 2013.

JOUSSAUME, S.; PENNER, J.; TANGANG, F (eds.). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013, Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment, 2013.

JUSTINA, E. E. D. ; FRANCA, R. R. ; SAMPAIO, S. F. . Cheia no Rio Madeira: análise da dinâmica climática e hidrológica regional e consequências sobre a cidade de Porto Velho no ano de 2014. In: 10º Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2014, Manaus. **Anais...**, 2014.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V; SCHRÖDER, P. H; GRANDO, A. REGINATTO, G. M. P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M. 2006. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos**

Básicos. Curitiba: Ed. Organic Trading. 109 p. Disponível em <<http://www.labhidro.ufsc.br/publicacoes.html>>. Acesso em 10 de julho de 2014.

KOUSKY, V. E.; FERREIRA, N. J. Interdiurnal surface pressure variations in Brazil: their spatial distributions, origins and effects. **Monthly Weather Review**, v. 109, p. 1999-2008, 1981.

LACAZ, C. S. **Introdução à geografia médica do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1972.

LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.; NEPSTAD, D. The 2010 Amazon Drought. **Science**, v, 331, p. 554, 2011.

LOIOLA, C. C. P., SILVA, C. J. M., TAUIL, P. L. Controle da malária no Brasil: 1965 a 2001. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 11, n. 4, p. 235–44, 2002.

LUI, G. H.; MOLINA, S. M. G. Ocupação humana e transformação das paisagens na Amazônia brasileira. **Amazônica: Revista de antropologia**, v. 1, n. 1, 2009.

MAPLECROFT Global Risk Analytics. **Climate Change Vulnerability Index 2014**. Disponível em <<http://maplecroft.com/portfolio/new-analysis/2013/10/30/31-global-economic-output-forecast-face-high-or-extreme-climate-change-risks-2025-maplecroft-risk-atlas/>> Acesso em 12 de dezembro de 2013.

MARANDOLA JUNIOR, E.; HOGAN, D. J. *Natural hazards*: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 95-110, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2004000200006&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 8 de janeiro de 2015.

MARCELINO E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: INPE, 2007.

MARENGO, J. Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s. **Hydrological processes**, 23, p. 3236-3244. 2009.

MARENGO, J. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas sobre o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: MMA, Biodiversidade, v. 26, 2006.

MARENGO, J. A.; ALVES, L.; VALVERDE, M.; ROCHA, R. e LABORBE, R. **Eventos Extremos em Cenários Regionalizados de Clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de Clima Futuro usando Três Modelos Regionais**. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente (MMA) - DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, 2007.

MARENGO, J. A.; BORMA, L. S.; RODRIGUEZ, D. A.; PINHO, P.; SOARES, W. R.; ALVES, L. M. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. **American Journal of Climate Change**, v. 2, p. 87-96, 2013.

MARENGO, J. A.; MENENDEZ, A.; GUETTER, A.; HOGUE, T.; MECHOSO, C. R. Eventos hidrometeorológicos extremos: caracterización y evaluación de métodos de predicción de eventos extremos de clima y de la hidrología en la Cuenca del Plata. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 3, n. 2, p. 83-95, 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/QYSy50>> Acesso em 15 de janeiro de 2015.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da região amazônica. In: CAVALCANTI, I. F. A. (Org.). **Tempo e Clima do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p.198-212, 2009.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CULF, A. D. Climatic Impacts of "friagens" in forested and deforested areas of the Amazon Basin. **Journal of Applied Meteorology**, v. 36, p. 1553-1566, 1997.

MARENGO, J. A., NOBRE, C., CHOU S. C., TOMASELLA, J., SAMPAIO, G., ALVES, L., OBREGON, G., SOARES, W. **Risco das Mudanças Climáticas no Brasil**, Ed. INPE, São Jose dos Campos, SP, 2011, 55 p.

MARENGO, J. A., SCHAEFFER, R., PINTO, H. S., ZEE, D. M. W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Rio de Janeiro: FBDS, 2009.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the low level jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: characteristics and temporal variability. **Journal of Climate**, v. 17, p. 2261-2280, 2004.

McKEE, T.B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationships of drought frequency and duration to time scales. **8th Conference on Applied Climatology**, Anaheim, CA. Preprints, American Meteorological Society, Boston, p. 233-236, 1993.

MEGGERS, B. J. Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia. **Climatic Change**, v. 28, n. 4, p. 321-338, 1994.

MELLO-THÉRY, N. A de. **Território e gestão ambiental na Amazônia**. São Paulo: Annablume, 2011.

MENDONÇA, F. Aquecimento Global e suas manifestações regionais e locais: Alguns indicadores da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 2, p. 71-86, dez, 2006.

MENDONÇA, F. A. Geografia Socioambiental. In: **Terra Livre**, n. 16, p. 113-132, 1º sem. 2001.

MENDONÇA, F. Geografia Socioambiental. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (orgs.). **Elementos de Epistemologia da Geografia Contemporânea**. 1ª reimpressão. EdUFPR, 2004.

MENDONÇA, F. (Org.) **Gestão Ambiental do território na Amazônia Brasileira: uma perspectiva crítica a partir das particularidades de Rondônia e Porto Velho**. 1 ed. São Paulo: Terceira Margem, 2014, v. 1.

MENDONÇA, F. (Org.) **Riscos climáticos: vulnerabilidades e resiliência associados**. 1. ed. Jundiaí: Paco Editorial, 2014. v. 1. 388 p.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2007.

MENDONÇA, F. A.; SOUZA, A. V.; DUTRA, D. A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil, **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, p. 257–269, 2009.

MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismos de Precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2 (1), p.107-117, 1987.

MONTEIRO, C. A. de F. **Análise Rítmica em Climatologia (problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de Trabalho)**. São Paulo, Série Climatologia Dinâmica I, USP/IGEOG, 1971, 21 p.

MONTEIRO, C. A. de F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada suloriental do Brasil: contribuição metodológica a Análise Rítmica dos tipos de tempo no Brasil**. São Paulo: USP/IGEOG, 1969. 68 p.

MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico em forma de atlas**. São Paulo: USP/IGEOG, 1973.

MONTEIRO, C. A. de F. **Clima e Excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MONTEIRO, C. A. de F. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: Problemas e perspectivas**. São Paulo: USP/IGEOG, 1973.

MONTEIRO, A. Riscos climáticos, hazards, áleas, episódios extremos. In: AMORIM, M. C. da C. T., SANT'ANNA NETO, J. L., MONTEIRO, A. (Orgs.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1. Ed. São Paulo: Outras Expressões, p. 143-171, 2013.

MONTEIRO, A., CARVALHO, V. Uma abordagem metodológica para avaliação de eventos climáticos extremos. In: AMORIM, M. C. da C. T., SANT'ANNA NETO, J. L., MONTEIRO, A. (Orgs.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1. Ed. São Paulo: Outras Expressões, p. 117-142, 2013.

MORAES, L. R. S. Avaliação do impacto sobre a saúde das ações de saneamento ambiental em áreas pauperizadas de Salvador - Projeto AISAM. In: HELLER, L. et al. **Saneamento e saúde em países em desenvolvimento**. Rio de Janeiro: CC&P, 1997. p. 281- 305.

MOROKAWA, M. Percepção sobre a malária: uma questão cultural. IN: KOZEL, S.; COSTA SILVA, J.; FILIZOLA, R.; GIL FILHO, S. F. (Orgs.) **Expedição Amazônica: Desvendando espaço e representações dos festejos em comunidades amazônicas**. 2009.

MOSS, G.; MOSS, M. **Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro (Caderno do Professor)**. Brasília: Editora Horizonte. 2011. 34 p.

NEPSTAD, D. C.; TOHVER, I. M.; RAY, D.; MOUTINHO, P.; CARDINOT, G. Mortality of large trees and liana following experimental drought in an Amazon Forest. **Ecology**, v. 88, n. 9, p. 2259-2269, 2007.

NETO, S. L. R.: **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações**, Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000, 231 p.

NIMER, E. Climatologia da Região Norte: introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, 34 (3), p. 124-153, 1972.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NIMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia** - IBGE, Rio de Janeiro, n. 4, ano 41, p. 59-89, out/dez.1979.

NOBRE, C. A.; OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A.; FU, R.; POUEDA, G. Características do Clima Amazônico: Aspectos Principais. In: **Amazonia and Global Change**, Geophysical Monograph Series, American Geophysical Union, p 49-162. 2009.

NOGUÉS-PAEGLE, J.; MECHOSO, C. R.; BERBERY, E. H.; CHAO, W. C.; CHEN, T. C.; COOK, K. DIAZ, A. F.; ENFIELD, D.; FERREIRA, R.; GRIMM, A. M.; KOUSKY, V.; LIEBMANN, B.; MARENGO, J.; MO, K.; NEELIN, J. D.; PAEGLE, J.; ROBERTSON, A. W.; SETH, A.; VERA, C. S.; ZHOU, J. Progress in Pan American CLIVAR Research: Understanding the South American Monsoon. **Meteorológica**, v. 27, p. 3-32, 2002.

OBREGÓN, G. O. O clima da Amazônia: principais características. In: BORMA, L de S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 338-357, 2013.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control**. Geneva: WHO Publication, 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **First WHO report on neglected tropical diseases: working to overcome the global impact of neglected tropical diseases**. Geneva: WHO Publication, 2010. Disponível em <http://www.who.int/neglected_diseases/2010report/en/> Acesso em 15 de janeiro de 2015.

PAIVA, E. M. C. D.; CLARKE, R. Time trends in rainfall records in Amazonia **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 75, p. 579-583, 1995.

PALMER, W. C. Meteorological drought. **Research Paper**, n. 45, U.S. Weather Bureau, 1965.

PELLING, M. **The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience**. New York, Earthscan publications, 224 p.

PEREIRA, W. C. **Simulação Geoestatística via Métodos Convolutivos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Belém. 2011. 62 p.

PORTAL AMAZÔNIA. **Mais de 5 mil propriedades rurais de Porto Velho são destruídas com enchente do rio Madeira**. Disponível em <<http://goo.gl/AjmWgp>> Acesso em 10 de abril de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO VELHO. **Lei Complementar 097 de 29 de dezembro de 1999**. Disponível em <<http://goo.gl/gBbDmD>> Acesso em 10 de setembro de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO VELHO. SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE. **Plano complementar de ação de controle da malária nas áreas de influência direta e indireta da UHE Santo Antônio, no município de Porto Velho-RO**. Disponível em <<http://goo.gl/2lcVkh>> Acesso em 10 de outubro de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO VELHO. **Plano Diretor de Porto Velho (2008)**. Disponível em <<http://goo.gl/jWjV8a>> Acesso em 5 de maio de 2014.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994. 94 p.

QUADRO, M. F. L.; MACHADO, L. H. R.; CALBETE, N. O.; BATISTA, N. N. M.; SAMPAIO, G. Climatologia de Precipitação e Temperatura no Brasil. In: **Climanálise Especial**, Edição Comemorativa de 10 anos (1996). Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/chuesp.html>>. Acesso em 10 de maio de 2014.

QUEIROZ, J. T. M.; HELLER, L.; SILVA, S. R. Análise da Correlação de Ocorrência da Doença Diarréica Aguda com a Qualidade da Água para Consumo Humano no Município de Vitória - ES. **Saúde e Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 479-489, 2009.

REBELO, F. **Riscos naturais e acção antrópica**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003.

RED DE INFORMACIÓN HUMANITÁRIA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. **Bolivia: Emergencia Inundaciones, 2014. Informe n. 6**. Disponível em <http://www.redhum.org/documento_download/14482> Acesso em 30 de abril de 2014.

RED DE INFORMACIÓN HUMANITÁRIA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. **Bolivia: Emergencia Inundaciones, 2014. Informe n. 5.** Disponível em <http://www.redhum.org/documento_download/14447> Acesso em 30 de abril de 2014.

RIBEIRO, C. M. O desenvolvimento da Climatologia Dinâmica no Brasil. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte, 1 (2): p. 48-59, 1982.

RODRIGUES, E. D. R. **Avaliação Espacial da Qualidade da Água Subterrânea na Área Urbana de Porto Velho – RO**, Brasil. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2008.

RONDÔNIA. Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia – PLANAFLORO. Zoneamento Sócio-econômico-ecológico do Estado de Rondônia. **Relatório de Climatologia**. Rondônia, Planaflo. 2000.

ROSEGHINI, W. F. F. **Clima urbano e dengue no centro-sudoeste do Brasil**. Tese de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 151 p. 2013.

RURAL BR. **Rio Negro registra a oitava maior cheia da história, enquanto Rio Acre tem a pior seca em 40 anos**. Disponível em <<http://goo.gl/Sa17ru>> Acesso em 15 de dezembro de 2013.

SALATI, E.; VOSE, P. B. Amazon Basin: a system in equilibrium. **Science**, v.225, p.129-38, 1984.

SALESKA S. R.; DIDAN K.; HUETE A.R.; DA ROCHA H.R. Amazon forests green-up during 2005 drought. **Science**, v. 318, p. 612, 2007.

SANT'ANNA NETO, J. L. A climatologia geográfica no Brasil: origem e contexto histórico. In: AMORIM, M. C. da C. T., SANT'ANNA NETO, J. L., MONTEIRO, A. (Orgs.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1. Ed. São Paulo: Outras Expressões, p. 11-74, 2013a.

SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M. C. de C. T., SANT'ANNA NETO, J. L., MONTEIRO, A. (Orgs.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1. Ed. São Paulo: Outras Expressões, p. 75-91, 2013b.

SANT'ANNA NETO, J. L. Mudanças climáticas globais. In: AMORIM, M. C. de C. T., SANT'ANNA NETO, J. L., MONTEIRO, A. (Orgs.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1. Ed. São Paulo: Outras Expressões, p. 317-352, 2013c.

SANTOS, I. A. **Variabilidade da circulação de verão da alta troposfera na América do Sul**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986. 95 p.

SANTOS, J. P. **Avaliação da Qualidade da Água na Rede Hídrica Superficial de Porto Velho/RO/Brasil**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2009.

SANTOS, T. S.; SANSIGOLO, C. A. Frequência de eventos secos e chuvosos na Amazônia usando o Índice de Precipitação Normalizada (SPI). In: **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2010, Belém.

SANTOS-NETO, L. A. **Variabilidade da precipitação horária em Porto Velho-RO e suas tendências anuais e sazonais**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia, 2014.

SGC. **Prejuízo com as enchentes em Rondônia supera R\$ 4 bilhões de reais**. Disponível em <<http://www.sgc.com.br/prejuizo-coma-enchentes-em-rondonia-supera-r-4-bilhoes-de-reais/>> Acesso em 10 de junho de 2014.

SILVA, A. R. **Ciclo de vida do Sistema de Monção da América do Sul: observação e simulação**. Tese de Doutorado: INPE, São José dos Campos. 2009.

SILVA, H. R. O. Geoprocessamento aplicado na delimitação de áreas de preservação permanente: área urbana de Porto Velho-RO. **Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia**. Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2014.

SILVA, M. J. G. **Uso e Cobertura do Solo e a Variabilidade do Clima de Porto Velho-RO**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2010.

SILVA, M. J. G. S.; SARAIVA, F. A. M.; ARAÚJO, M. L. P. Aspectos climáticos de Porto Velho-RO. In: **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Fortaleza – CE, 2004.

SILVA, R. G. C. **Dinâmicas Territoriais em Rondônia: conflitos na produção e uso do território no período de 1970-2010**. Tese de Doutorado em Geografia. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP. 2011.

SILVA DIAS, P. L.; SCHUBERT, W. H.; DEMARIA, M. Large-scale response of the tropical atmosphere to transient convection. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 40, p. 2689-2707, 1983.

SOARES, W.; MARENGO, J. A. Projeções de seca na Amazônia. In: BORMA, L de S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 135-144, 2013.

SOUZA, V. A. S. de.; NUNES, M. L. A.; FRANCENER, S. F.; ROSA, A. L. D. da. Eventos de precipitações extremas na Amazônia Ocidental: Rondônia-Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, Ano 10, Vol. 14, p. 295-300. 2014

STEPHENSON, D. B. Definition, diagnosis and origin of extreme weather and climate events. IN: DIAZ, H.F e MURNANE, R. J (org.). **Climate Extremes and Society**, Cambridge University Press, p. 11-23, 2008.

TASSINARI, W. S., PELLEGRINI, D. C. P., SABROZA, P. C., CARVALHO, M. S. Distribuição espacial da leptospirose no município do Rio de Janeiro, Brasil, ao longo dos anos de 1996-1999. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 6, p. 1721-29, 2004.

TAUIL, P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, n. 3, p. 867-871, 2002

THE INTERNATIONAL DISASTER DATABASE. **Emdat Advanced Search**. Disponível em <<http://www.emdat.be>> Acesso em 28 de novembro de 2013.

THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. International Strategy for Disaster Reduction. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. Disponível em <http://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf> Acesso em 10 de janeiro 2015.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992. 374 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 450 p., 1997.

VAL, A. L.; ALMEIDA VAL, V. M. F. de. Mudanças climáticas e biodiversidade na Amazônia. **Conferência Biodiversidade na Amazônia x Mudanças climáticas: causas e consequências**. 60ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), Campinas, SP. 2008.

VALOR ECONÔMICO. **Despenca o transporte de grãos nas hidrovias**. Disponível em <<http://www.valor.com.br/agro/3654828/despenca-o-transporte-de-graos-nas-hidrovias>> Acesso em 15 de agosto de 2014.

VEYRET, Y. (Org.) **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

VEYRET, Y.; RICHEMOND, N. M. O risco, os riscos. In: VEYRET, Y. (Org.) **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, p. 23-79, 2007.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERIA, S.; LOPEZ-MORENO, J. I. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. **Journal of Climate**, n. 23, p. 1696-1718, 2010.

VIDAL, J.; MARTIN, E.; FRANCHISTEGUY, L.; HABETS, F.; SOUBEYROUX, J.; BLANCHARD, M.; BAILLON, M. Multilevel and multiscale drought reanalysis over France with the Safran-Isba-Modcou hydrometeorological suite. **Hydrology and Earth System Sciences**, n. 14, p. 459-478, 2010.

VIEIRA, S. **Estatística Básica**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

WILLIAMS, E., DALL'ANTONIA, A., DALL'ANTONIA V, ALMEIDA J. M., SUAREZ, F., LIEBMANN, B., MALHADO, A. C. M. The drought of the century in the Amazon basin: an analysis of the regional variation of rainfall in South America in 1926. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 231–238, 2005.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Frequently Asked Questions (FAQs)**. Disponível em <<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faqs.html>> Acesso em 26 de novembro de 2013.

WORD HEALTH ORGANIZATION. Global alert and response. Dengue/dengue hemorrhagic fever. Disponível em <<http://www.who.int/csr/disease/dengue/en>> Acesso em 5 de janeiro de 2015.

ZHANG, X.; ALEXANDER, L.; HEGERL, G. C.; JONES, P. D.; TANK, A. K.; PETERSON, T. C.; TREWIN, B.; ZWIERS, F. W. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 2, n. 6, p. 851-870, 2011.

ZUFFO, C. E.; FRANCA, R. R. da. Caracterização climática de Rondônia e variabilidade do clima em Porto Velho. In: IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2010, Fortaleza. **Anais IX SBCG**. 2010.

APÊNDICE A

Lista de estações meteorológicas selecionadas na área de estudo					
Código	Município/Localidade	Latitude	Longitude	Altitude	Período da série de dados
1	Abunã/Porto Velho (RO)	9° 42' S	65° 21' W	ND	1976-2012
2	Ariquemes 1 (RO)	9° 55' S	63° 30' W	168 m	1975-2012
3	Assis Brasil (AC)	10° 56' S	69° 34' W	ND	1980-2012
4	Brasiléia (AC)	11° 10' S	68° 44' W	ND	1980-2012
5	Brasnorte (MT)	12° 60' S	58° 00' W	321 m	1984-2012
6	Bujari (AC)	9° 34' S	68° 17' W	ND	1992-2012
7	Cacoal (RO)	11° 26' S	61° 29' W	ND	1978-2012
8	Capixaba (AC)	10° 34' S	67° 40' W	ND	1992-2012
9	Cerejeiras (RO)	13° 11' S	60° 49' W	ND	1983-2012
10	Chupinguaia (RO)	12° 29' S	61° 20' W	ND	1983-2006
11	Colíder (MT)	10° 47' S	55° 26' W	313 m	1982-2012
12	Colorado do Oeste (RO)	13° 60' S	60° 32' W	ND	1983-2012
13	Comodoro (MT)	13° 10' S	59° 52' W	600 m	1983-2012
14	Costa Marques (RO)	12° 51' S	62° 53' W	152 m	1981-2012
15	Feliz Natal (MT)**	12° 31' S	54° 54' W	353 m	1976-2012
16	Gleba Celeste (MT)*	12° 28' S	55° 29' W	415 m	1973-2012
17	Guajará-Mirim 2 (RO)	10° 47' S	65° 20' W	ND	1972-2012
18	Jaru (RO)	10° 26' S	62° 27' W	146 m	1977-2012
19	Ji-Paraná (RO)	10° 50' S	61° 55' W	156 m	1975-1996
20	Juara (MT)	11° 15' S	57° 30' W	288 m	1984-2012
21	Juína 2 (MT)	11° 20' S	58° 20' W	250 m	1979-2012
22	Lábrea (AM)	7° 42' S	66° 30' W	ND	1978-2012
23	Machadinho d'Oeste 4 (RO)	8° 56' S	62° 30' W	96 m	1978-2012
24	Marcelândia (MT)	10° 44' S	54° 32' W	424 m	1984-2012
25	Mirante da Serra (RO)	11° 00' S	62° 39' W	ND	1983-2012
26	Nova Califórnia (RO)	9° 45' S	66° 36' W	153 m	1978-2012
27	Ouro Preto do Oeste (RO)	10° 31' S	62° 00' W	ND	1987-2012
28	Pimenta Bueno 2 (RO)	12° 00' S	60° 51' W	ND	1978-2012
29	Porto Alegre do Norte (MT)**	10° 52' S	51° 37' W	202 m	1984-2012
30	Porto dos Gaúchos (MT)	11° 32' S	57° 25' W	260 m	1974-2011
31	Porto Velho (RO)*	8° 79' S	63° 84' W	98 m	1977-2007
32	Rio Branco (AC)*	9° 96' S	67° 8' W	160 m	1969-2012
33	Rolim de Moura (RO)	11° 44' S	61° 46' W	ND	1983-2012
34	São José do Xingu (MT)**	10° 48' S	52° 44' W	337 m	1976-2012
35	Senador Guimard (AC)	9° 53' S	67° 80' W	ND	1992-2012
36	Sena Madureira (AC)	9° 60' S	68° 59' W	ND	1983-2012
37	Sinop (MT)	11° 39' S	55° 42' W	298 m	1976-2012
38	Sorriso (MT)	13° 33' S	55° 19' W	352 m	1985-2012
39	Theobroma (RO)	10° 14' S	62° 20' W	ND	1987-2012
40	Vila Rica (MT)**	10° 10' S	51° 70' W	222 m	1984-2012
41	Xapuri (AC)	10° 38' S	68° 30' W	ND	1978-2012

*Estações INMET / ND: Não disponível

**Estações no entorno do recorte espacial da Amazônia Meridional

APÊNDICE B

